



T I E N L I I K E N T E E N V Ä L I T Y S K Y K Y
HIGHWAY CAPACITY MANUAL 1965

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

TVH N:o 2.388

HELSINKI 15. 5. 1971



TIEN LIIKENTEENVÄLITYSKYKY

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 1965

Käännöksen suomen kielelle on suorittanut

dipl.ins. AARO VAKKURI

tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta,
yhteistyössä HCM-työryhmän kanssa

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

HELSINKI 15. 5. 1971

The Highway Capacity Manual'n on valmistellut the Committee of Highway Capacity Department of Traffic and Operation of the Highway Research Board ja julkaisuoikeuden on saanut v. 1966 the National Academy of Sciences National Research Council (Highway Research Board), joka on antanut tie- ja vesirakennushallitukselle luvan 19.2.1969 kääntää ja julkaista the Highway Capacity Manual suomenkielellä.

ALKUSANAT

Tien liikenteenvälityskyky on muodostunut erääksi liikenneteknillisen suunnittelun tärkeimmäksi tekijäksi, joka oleellisesti vaikuttaa liikenneväylien laatuluokan valintaan ja erikoisesti tien poikkileikkauksen ja liittymien mitoittamiseen.

Liikenteenvälityskykyä käsittelevää suomenkielistä ammattikirjallisuutta on toistaiseksi ollut varsin vähän saatavissa. Tästä syystä tie- ja vesirakennushallitus kääntyi Highway Capacity Manual-kirjan julkaisijan puoleen pyytäen lupaa tämän kirjan kääntämiseen ja monistamiseen suomenkielisenä lähinnä oman laitoksen tarvetta silmälläpitäen. Lupa tämän hankkeen toteuttamiseen saatiin vuoden 1969 alussa.

Käännöstyön suorittaminen annettiin dipl.ins. Aaro Vakkurin tehtäväksi. Käännöstyötä valvomaan perustettiin tie- ja vesirakennushallituksen työryhmä, joka otti nimekseen "HCM-työryhmä". Työryhmän kokoonpano oli seuraava: yli-ins. L. Seppovaara (pj.), dipl.ins. R. Haakana, tstoins. Jussi Hintikka, jaostop. K. Härkänen ja dipl.ins. T. Miikkulainen (siht.).

Työryhmän kokouksissa käsiteltiin lähinnä käännöstyön yhteydessä esille tulleita terminologiakysymyksiä, mutta samalla pyrittiin mahdollisuuksien mukaan hiomaan myös käännöksen kielellistä asua.

Tekstin ja taulukoiden puhtaaksikirjoitus, kuvien piirtäminen tarpeellisilta osiltaan sekä kirjan taitto on suoritettu tie- ja vesirakennushallituksen tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellisessa toimistossa.

HCM:n käännöstä lukiessa on huomattava, että käännöstyön ensisijaisena tavoitteena on ollut asiasisällön välittäminen suomen kielellä. Sen sijaan kielellisen asun viimeistelyyn ei ole ollut sovittu aikataulun puitteissa mahdollisuuksia kiinnittää kovin paljon huomiota.

Koska liikenneteknillisistä käsitteistä käytetyt suomenkieliset vastikkeet eivät ole vielä täysin vakiintuneet, ja koska toisaalta Yhdysvaltojen olosuhteet eivät vastaa kaikilta osiltaan meidän olosuhteitamme, on terminologian suhteen ollut vaikeuksia käännöstyössä. Mahdollisuuksien mukaan käännöksen terminologiassa on pyritty käyttämään tielainsäädännössä, Tieyhdistyksen Tiesanastossa sekä prof. Wahlgrenin työryhmän laatimassa Liikennetekniikan sanastossa esitettyjä termejä.

HCM-työryhmä esittää kiitoksensa kääntäjälle ja toivoo, että käännöksestä tulee olemaan hyötyä suunnittelutyössä.

Helsingissä 15.5.1971

HCM-työryhmä

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu		
LUKU 1 - JOHDANTO	1	Nopeuden ja liikennemäärän riippu- vuudet	50
LUKU 2 - MÄÄRITELMIÄ	3	Katkeamaton liikennevirta	50
Johdanto	3	Katkaistu liikennevirta	55
Liikenteenvälityskyvyn määritelmä	3	Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuudet	57
Vallitsevat ajo-olosuhteet	3	Katkeamaton liikennevirta	57
Palvelutaso	4	Katkaistu liikennevirta	61
Palvelutason välityskyky ..	4	Liikennemäärän ja liikennetiheyden välinen riippuvuus	62
Muita määritelmiä	4	Yhteenvedo	62
Tieväylään liittyviä määritelmiä	4	Lähdeluettelo	63
Liikenteen ohjauslaitteiden määritelmiä	9		
Liikenteen määritelmiä	9	LUKU 4 - LIIKENTEENVÄLITYSKYKY JA PALVELUTASO	65
Liikennöimisen määritelmiä	10	Liikenteenvälityskyky katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa	65
Maankäytön määritelmiä	14	Liikenteenvälityskyky katkaistun lii- kennevirran olosuhteissa	67
Aakkosellinen hakemisto määritelmistä ..	15	Palvelutasot	67
		Eri palvelutasoja vastaavat ajo- olosuhteet	69
LUKU 3 - LIIKENTEEN PERUSPIIRTEET	17	Yhteenvedo	74
Johdanto	17	Tulokset	75
Havaitut maksimiliikennemäärät	17		
Liikennemäärien erikoispiirteet	20	LUKU 5 - LIIKENNEVÄLITYSKYKYYN JA PAL- VELUTASON VÄLITYSKYKYYN VAIKUTTAVAT TE- KIJÄT	77
Liikennevirtojen alueellinen vaihtelu ..	20	Tiestä riippuvat tekijät	77
Liikenteen jakautuminen eri väy- lille	20	Ajokaistan leveys	77
Liikenteen suuntajakautuma	20	Sivuesteet	78
Liikenteen kaistajakautuma	24	Ajokaistan leveyden ja sivuesteiden yhteisvaikutus	79
Liikenteen ajoneuvokoostumus	24	Pientareet	79
Liikennevirran ajalliset vaihtelut ..	25	Lisäkaistat	79
Kausivaihtelu	25	Pysäköintikaistat	79
Viikonpäivävaihtelut	25	Nopeudenmuutoskaistat	80
Tuntivaihtelut	26	Ryhmittymiskaistat	80
Huipputunnin sisäinen liikenteen- vaihtelu	26	Sekoittumisalueiden lisäkaistat ...	80
Vuoden keskimääräisten ja korkeim- pien tuntiliikennemäärien suhde	29	Kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet	80
Huipputuntiliikenteen määrittäminen ..	29	Päällysteen laatu	80
Tuntiliikennemäärien ja vuoden kes- kimääräisen vuorokausiliikenteen välinen riippuvuus	32	Tien geometria	80
Huipputuntien liikenteen trendit ..	35	Pituuskaltevuudet	82
Liikenteen nopeus	36	Pituuskaltevuuksien vaikutukset ...	82
Nopeustrendit	36	Kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet	85
Nopeuden tuntivaihtelut	37	Liikenteestä riippuvat tekijät	87
Eri ajokaistojen keskimääräiset nopeudet	37	Kuorma-autot	87
Nopeusjakautumat	38	Kaksikaistaiset tiet	87
Matka- ja aikavälit	39	Monikaistaiset tiet	88
Matemaattiset riippuvuudet	42	Linja-autot	90
Matkaväli välityskyvyn mittana	42	Liikenteen kaistajakautumat	91
Aikavälijakautuma ja satunnaisesti jakautunut liikennevirta	42	Liikennemäärän vaihtelut	92
Pysähdyksen vaikutus aikaväleihin ...	46	Liikenteen katkeamat	92
Ajoneuvotiheys ajo-olosuhteiden mittana	48		
Nopeuden, liikennemäärän ja liikenne- tiheyden riippuvuudet	49		

Tasoliittymät	93
Muut katkokset	93
Korjauskertoimien soveltaminen	93
Lähdeluettelo	96
 LUKU 6 - TASOLIITTYMÄT	 97
Liikennevaloin varustetut liittymät -	
Yleistä	97
Liikennevaloin varustetun liittymän	
liikenteenvälityskykyyn vaikuttavat	
tekijät	98
Tärkeimmät rakenteelliset olosuh-	
teet ja ajo-olosuhteet	98
Tulohaaran leveys	98
Pysäköintiolosuhteet	99
Yksi- ja kaksisuuntainen liikenne	100
Ympäristöolosuhteet	100
Kuormituskerroin	100
Huipputuntikerroin	100
Kaupunkiseudun asukasluku	104
Kohteen sijainti kaupunkiseudulla	104
Liikenteen peruspiirteet	105
Kääntyvät ajoneuvot	105
Kuorma-autot ja pitkämatkaiset	
linja-autot	106
Paikallisliikenteen linja-autot ...	107
Liikenteen ohjaus	108
Liikennevalot	108
Tulohaaran ajokaistojen merkitsemi-	
nen	110
Liittymän liikenteenvälityskyky, pal-	
velutasot ja niiden välityskyvyt	111
Liittymän liikenteenvälityskyvyn, pal-	
velutasojen ja niiden välityskykyjen	
määrittämismenetelmät	113
Liikenteenvälityskyvyn peruskuvajat	
ja korjauskerrointaulukot	115
Kaupunkialueet	115
Maaseutuolosuhteet	119
Muut korjauskertoimet	119
G/C - suhde	119
Kääntyvät ajoneuvot	120
Kuorma-autot ja pitkämatkaiset	
linja-autot	124
Paikallisliikenteen linja-autot ...	124
Laskentamenetelmien tulkinnot ja	
sovellutukset	127
Esimerkkiratkaisuja - liikenneva-	
loin varustetut liittymät	128
Ilman liikennevaloja olevat liittymät .	137
Liikennemerkitsemättömät tasoliittymät ...	137
Etuaajo-oikeutta osoittavilla liiken-	
nemerkeillä varustetut liittymät	138
Pakollista pysähtymistä osoittavilla	
liikennemerkeillä varustetut liit-	
tymät	138
Kahdella tulohaaralla olevat pysäh-	
tymistä osoittavat liikennemerkit	139

Liittymä, jonka kaikilla tulohaa-	
roilla on pakollista pysähdystä	
osoittava liikennemerkki	139
Lähdeluettelo	140
 LUKU 7 - SEKOITTUMINEN	 141
Sekoittumislueityypit	143
Yksinkertaiset sekoittumislueet	143
Moninkertaiset sekoittumislueet	143
Toispuoliset ja molemmipuoliset	
sekoittumislueet	143
Sekoittumislueiden ajo-olosuhteet	145
Sekoittuvat liikennevirrat	146
Sekoittumattomat liikennevirrat	
(ulommat liikennevirrat)	146
Liikennevirran laatuluokat	146
Sekoittumislueen pituus	148
Sekoittumislueiden leveys	148
Nopeuden, sekoittuvan liikennemäärän,	
sekoittumislueen pituuden ja levey-	
den väliset riippuvuudet	150
Tieosat, jotka eivät muodosta se-	
koittumislueita.....	151
Palvelutasot ja liikenteenvälityskyky .	151
Sekoittumislueiden suunnitteluperus-	
teet ja toiminnallinen arvostelu	154
Yksinkertaiset sekoittumislueet	154
Yleisiä näkökohtia	154
Esimerkkiratkaisuja - Yksinkertai-	
nen sekoittuminen	155
Moninkertaiset sekoittumislueet	158
Yleistä	159
Esimerkkiratkaisuja - moninkertai-	
set sekoittumislueet	160
Sekoittuminen muiden kuin moottori-	
teiden yhteydessä	162
Yleistä	162
Havaintoesimerkki - sekoittuminen	
muualla kuin moottoriteilla	163
Lähdeluettelo	163
 LUKU 8 - RAMPIT	 164
Johdanto	164
Yleistä	165
Ramppien välinen sekoittuminen	165
Huippuliikennemäärät	165
Geometrian vaikutus	165
Rampin välityskykyyn vaikuttavat te-	
kijät	166
Yleistä	166
Liittyvien ramppien liittymät	166
Erkanevien ramppien liittymät	167
Ramppien liittymäkohtien palvelutaso ..	167
Ramppilittymien laskentamenetelmät ...	170
Palvelutasojen A-C välityskykyjen	
laskentamenetelmät	172
Yleistä	172
Käytetyt muuttujat	174

Palvelutasoja A-C koskevat yhtälöt ja nomogrammit	175
Muut laskennolliset menetelmät	175
Geometriset olosuhteet, joita yhtälöissä ja nomogrammeissa ei käsitellä	200
Esimerkkiratkaisuja - ramppiliittymät (palvelutasoja A-C koskeva menetelmä)	203
Palvelutasojen D ja E välityskykyjen laskeminen	209
Eroavuudet korkeammista palvelutasoista	209
Laskentamenetelmät palvelutasolla D	210
Ramppiliittymien esimerkkiratkaisuja palvelutasolla D	214
Laskentamenetelmät palvelutasolla E (välityskyky)	217
Palvelutasoa C ja palvelutasoa D koskevien laskelmien vertailu	219
Lähdeluettelo	219

LUKU 9 - MOOTTORITIE, PIKATIE JA

MOOTTORIKADUT	220
Peruspalvelutasot	220
Palvelutaso A	222
Palvelutaso B	222
Palvelutaso C	223
Palvelutaso D	223
Palvelutaso E	224
Palvelutaso F	224
Laskelmissa huomioon otettavia kriittisiä seikkoja	224
Ajokaistojen leveys ja sivuesteet ...	227
Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet	228
Sekoittumisalueet	231
Ramppiliittymät	231
Tien geometria	233
Liikenteen katkeamat (tasoliittymät)	233
Moottoriteitä, moottorikatuja ja pikateitä koskevat laskentamenetelmät	234
Moottoriteiden ja pikateiden perusjaksot	234
Välityskyky (yhteen liikennöintisuuntaan) vallitsevissa olosuhteissa	235
Palvelutasojen välityskyvyt (yhteen liikennöintisuuntaan)	236
Palvelutaso	237
Koko moottoritie- tai moottorikaturakson osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena	237
Esimerkkiratkaisuja - moottoritiet ja moottorikadut	241

LUKU 10 - KADUT JA TIET, JOILLA EI

OLE LIITTYMÄRAJOITUSTA	250
Yleisiä näkökohtia palvelutasoista ja niiden välityskyvyistä	250

Monikaistaiset maaseudun tiet	252
Palvelutasot	252
Laskelmissa huomioon otettavia kriittisiä seikkoja	253
Ajokaistojen leveys ja sivuesteet ...	255
Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet	256
Sekoittumisalueet	256
Ramppiliittymät	256
Neliapilatyypiset ja suoraramppiset liittymät	256
Rombiset liittymät ja rinnakkais- teille johtavat rampit	259
Geometriset olosuhteet	260
Liikenteen katkeamat ja häiriökohdat	260
Liittymärajoituksettomia monikaistaisia teitä koskevat laskentamenetelmät	261
Ominaisuuksiltaan muuttumattomat monikaistaiset tieosat	262
Välityskyky (yhteensä yhteen liikennesuuntaan) vallitsevissa olosuhteissa	263
Palvelutasojen välityskyvyt (yhteensä yhteen liikennesuuntaan) ...	263
Palvelutaso	264
Liittymärajoituksettoman monikaistaisen tiejakson eri osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena	264
Esimerkkiratkaisuja - tavalliset monikaistaiset tiet	265
Kaksikaistaiset tiet	268
Palvelutaso	268
Suunnittelussa huomioon otettavat kriittiset kohteet	269
Ajokaistojen leveys ja sivuesteet ...	269
Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet	269
Ramppiliittymät	275
Tien geometria	275
Liikenteen katkeamat ja häiriöt	275
Kaksikaistaisia teitä koskevat laskentamenetelmät	276
Ominaisuuksiltaan muuttumattomat kaksikaistaiset tieosat	276
Välityskyky (yhteensä molempiin suuntiin) vallitsevissa olosuhteissa	276
Palvelutasojen välityskyvyt (yhteensä molempiin suuntiin)	280
Palvelutaso	281
Kaksikaistaisen tiejakson eri osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena	281
Esimerkkiratkaisuja - kaksikaistaiset tiet	281
Kolmikaistaiset tiet	284
Kaupunki- ja esikaupunkialueiden pääkadut	285
Palvelutaso	285

Suunnittelussa huomioon otettavat	
kriittiset kohteet	289
Liikennevalot	289
Progressiiviset liikennevalot	290
Yksisuuntaiset ja kaksisuuntaiset	
kadut	291
Muut katkeamat ja häiriökohdat	292
Kaupunkialueiden pääkatuja koskevat	
laskentamenetelmät	293
Pääkatujen perusosat	293
Kaupunkialueiden pääkatujakson tut-	
kiminen yhtenä kokonaisuutena	293
Välityskyky	293
Palvelutasojen välityskyvyt	294
Palvelutasot	294
Esimerkkiratkaisuja - Kaupunkialu-	
eiden pääkadut	295
Keskikaupungin kadut	298
Yleistä	298
Esimerkkiratkaisuja - Keskustan ka-	
dut	299
Lähdeluettelo	301
LUKU 11 - JULKINEN LINJA-AUTOLIIKENNE	302
Johdanto	302
Julkisen liikenteen vaikutus tien väli-	
tytskykyn	303

Katkeamaton liikennevirta	304
Katkeamaton liikennevirta vain linja-	
autoille varatuilla ajokaistoilla ...	305
Katkaistu liikennevirta (liittymien	
välityskyky)	306
Erilliset linja-autokaistat kaupunki-	
en kaduilla	306
Linja-autopysäkkien toiminta	306
Tavallisilla kaduilla olevat linja-	
autopysäkit	306
Moottoriteillä sijaitsevat linja-	
autopysäkit	307
Lähdeluettelo	308

LIITE A - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUJA	
ERI TEILLÄ YHDYSVALLOISSA	309

LIITE B - BUREAU OF PUBLIC ROADS'IN	
V. 1963 TEKEMÄN SEKOITTUMISALUEIDEN VÄ-	
LITYSKYKYTUTKIMUKSEN HAVAINNOTULOKSIA .	323

LIITE C - KUVISSA 8.2-8.19 ESITETTYJEN	
YHTÄLÖIDEN TILASTOMATERIAALI	327

LIITE D - LIIKENTEEN KESKIMÄÄRÄINEN	
KAISTAJAKAUTUMA LIITTYMISRAMPEISTA YLÄ-	
VIRTAAN	334

LUKU 1

JOHDANTO

Katujen ja teiden kyky välittää ajoneuvoliikennettä on niiden sijainnin ja linjauksen suunnittelun sekä toimintakyvyn määräävin tekijä. Tien liikenteenvälityskyvyllä mitataan yleisesti ottaen tietyypien liikenteen välittymisen tehokkuutta. Sen määrittäminen ja soveltaminen edellyttää sekä yleistä tietoutta liikenteen käyttäytymisestä että erityisiä tietoja niistä liikennemääristä jotka eri tavoin linjatut tiet kykenevät erilaisissa ajo-olosuhteissa välittämään. Rationaalisen ja käytännöllisen menetelmän kehittäminen tien liikenteenvälityskyvyn määrittämiseksi on ensiarvoisen tärkeätä, koska siten tieverkkoa voidaan käyttää taloudellisesti ja toiminnallisesti oikein.

Liikenteenvälityskyvyllä tarkoitetaan tässä kirjassa suurinta ajoneuvomäärää aikayksikössä, jonka tietty tieosa kykenee välittämään vallitsevissa ajo-olosuhteissa.

"Liikenteenvälityskyvyllä" voidaan kuitenkin tarkoituksenmukaisuussyistä käsittää välityskykyä laajemminkin eri yhteyksissä.

Pelkällä numeerisella liikenteenvälityskyvyn arvolla on vain vähän käyttöä, ellei tunneta vallitsevia ajo-olosuhteita. Vastaavasti ei tien yleisiä liikenteenvälitysominaisuuksia voida käsitellä viittaamatta esim. väylän suomaan palvelutasoon, käsiteltävän aikajakson pituuteen ja muihin merkittäviin tekijöihin, koska välityskyky kuvaa vain yhtä monista tielle mahdollisista palvelutasoista. Tyypiltään samankaltaisillakin eri liikenneväylillä saattaa olla erilainen välityskyky, joka riippuu sekä tien fyysisistä ominaisuuksista että ajo-olosuhteista.

Tämän käsikirjan ensimmäisessä laitoksessa (HCM 1950) määriteltiin kolme välityskykytasoa: perusvälityskyky, mahdollinen välityskyky ja käytännöllinen välityskyky. Perusvälityskyky määriteltiin "suurimmaksi henkilöautojen lukumääräksi, joka voi ohittaa kaistan tai tien tietyn pisteen yhden tunnin aikana mahdollisimman ihanteellisissa, saavutettavissa olevissa tie- ja liikenneolosuhteissa". Mahdollinen välityskyky määriteltiin

"suurimmaksi ajoneuvojen lukumääräksi, joka voi ohittaa kaistan tai tien tietyn pisteen yhden tunnin aikana vallitsevissa tie- ja liikenneolosuhteissa", ja käytännöllinen välityskyky oli edellistä alhaisempi liikennemäärä, jonka vallitessa "liikennetiheys ei ole niin korkea, että se aiheuttaa kohtuutonta viivytystä, vaaraa tai ajamisvapauden rajoitusta vallitsevissa tie- ja liikenneolosuhteissa".

Käsikirjan ensimmäisessä laitoksessa "pidettiin ensiarvoisen tärkeänä määritellä liikennemäärät tarkasti ajo-olosuhteiden mukaan siten, että kunkin väylän erityisolosuhteet tuntevat eri viranomaiset saattaisivat määrittää käytännölliset liikennemäärät, jotka väylän voitiin olettaa välittävän". Vaikka täten otettiin huomioon, että "käytännöllinen" välityskyky vaihtelee huomattavasti toivotun palvelutason subjektiivisesta määrittämisestä johtuen, esitettiin käsikirjassa eri olosuhteille käytännöllisen välityskyvyn lukuarvoja, jotka perustuivat ajajien keskimääräisiin toiveisiin.

Tässä laitoksessa on kuitenkin nähty oikeaksi määritellä vain yksi liikenteenvälityskyvyn lukuarvo kullekin tietyyppille. Nyt määriteltä välityskyky on sama kuin aikaisemman laitoksen "mahdollinen välityskyky". Aikaisempi "perusvälityskyky" on nyt korvattu käsitteellä "välityskyky ihanneolosuhteissa". Täten liikenteenvälityskyky on yksikäsitteinen suure, ts. suurin liikennemäärä, jonka tietty tie voi välittää. Aikaisemmat "käytännölliset välityskyvyt" on nyt korvattu useilla "palvelutasoilla", jotka vastaavat tiettyjä liikennemääriä tietyissä toivotuissa ajo-olosuhteissa, jotka yhteisesti muodostavat "palvelutasot". Palvelutaso on laatua mittaava suure, ja kulloinkin käytettävän arvon tulisi soveltua käsiteltävän tien luonteeseen.

Käytetty aikajakso tulisi määritellä välityskyky-laskelmia arvosteltaessa. Lyhyillä ajanjaksoilla (≈ 1 tunti) liikenteenvälityskyky ilmaisee korkeimman todellisen liikennevirran arvon kyseisenä ajanjaksona. Pitempiä ajanjaksoja, esimerkiksi vuorokautta tai vuotta tarkasteltaessa välityskyky riippuu myös keskimääräisen liikennemäärän

tunti-, päivä- ja vuodenaikavaihtelut aiheuttavista liikennetarpeista, joiden tuloksena tien maksimikäyttö saattaa ilmetä vain tiettyinä raskaimmin kuormitettuina ajanjaksoina osalla koko kyseisestä jaksosta.

Tämän laitoksen nyt korvaamassa alkuperäisessä käsikirjassa esitettiin liikenteenvälityskyvyn määrittämismetodit ajonopeuden ja matkavälien perusteella. Laskentamenetelmät perustuivat pääasiassa empiirisiin kenttähavaintoihin, joiden perusteella määritettiin kahden tai useamman muutujan väliset riippuvuudet. Tässä uudessa laitoksessa samaa metodiikkaa on suurelta osin käytetty hyväksi. Monet viime aikoina tehdyt tutkimukset ovat kuitenkin perustuneet joko teoreettisiin tai kokeellisiin menetelmiin, joilla liikennevirta on ilmaistu matemaattisesti. Näiden menetelmien tulokset edustavat liikennevirran probleemien uusia ratkaisumahdollisuuksia ja tulevat lopulta hyvin todennäköisesti antamaan paremmat ratkaisut moniin välityskykyongelmiin. Uusia menetelmiä on käytetty hyväksi tässä käsikirjassa mahdollisuuksien mukaan. Tällä hetkellä monien todellisten tilanteiden osatekijät on kuitenkin jouduttu jättämään huomiotta teoreettisessa käsittelyssä, ja edelleen täytyy suurelta osin luottaa empiirisiin tietoihin ja tilastollisiin analyysieihin yhdessä ammatillisen kokemuksen kanssa.

Tämän käsikirjan tarkoituksena on olla tiivis ja auktoriteettinen nykyisten empiiristen ja teoreettisten liikenteenvälityskykytutkimusten lähde. Samalla käsikirja sisältää standardisoidut ammatiterminologian sekä mittaus- ja analysointimenetelmät, joten käsikirja on avuksi tutkittaessa ja arvosteltaessa nykyisten väylien ominaisuuksia. Koska teoksessa myös selvitetään useissa kenttätutkimuksissa todettua liikenteen käyttäytymistä, voidaan sitä käyttää ennustettaessa suunniteltujen väylien välityskykyä ja palvelutasoa. Suunnittelun alkuvaiheesta aina ajo-olosuhteiden puutteiden korjaamiseen asti tällaiset tiedot ovat välttämättömiä laskettaessa todennäköisiä kapasiteettiarvoja, jotka tulee ottaa huomioon teknilli-

sissä ja taloudellisissa vertailuissa.

Teoksen sisältämät tiedot on valittu siten, että ne edustavat Yhdysvalloissa havaittuja tyypillisiä tai keskimääräisiä olosuhteita teoksen valmistamisajankohtana (1965). Teoksen käyttäjän tulee ottaa huomioon, että yksilölliset tutkimuskohteet tai -alueet saattavat poiketa keskiarvosta, ja pyrkiä käyttämään hyväksi erityisongelmita saatavia lisätietoja. Täten käsikirja ei anna jäykkiä kapasiteetin mittaamistandardeja, vaan osoittaa tarvittavat suuntaviivat.

Tärkeimmät liikenteenvälityskykyyn vaikuttavat liikenteen peruspiirteet käsitellään kirjassa suunnitteluelementtikohtaisesti. Kenttätutkimusten ja teoreettisten tutkimusten tulokset on rinnastettu teiden nykyisen suunnittelukäytännön kanssa, minkä lisäksi on laadittu menetelmät olemassaolevien tai suunniteltujen väylien välityskyvyn analysoimista varten. Joidenkin lukujen lopussa olevat kirjallisuusluettelot sisältävät tekijöiden valitsemia teoksia, joista lukijalle voi olla apua välityskykytarkasteluja tehtäessä.

Teiden liikenteenvälityskykyä on tutkittu jatkuvasti pitkän ajan, mutta tutkimukset eivät millään muotoa ole täydellisiä. Teoksessa esitetty nykyisin käytettyjen tietojen yhteenveto osoittaa myös tietojen määrän lisäämistarpeen ja vielä tuntemattomien, analysoitavien tekijöiden sisällön laajuuden. Paljon on jo saatu aikaan, mutta huomattavan paljon on vielä välttämättä tutkittava, jotta teiden liikenteenvälityskykyyn vaikuttavat tekijät voidaan määrittää ja mitata tarkasti.

Highway Capacity Committee'n eräänä tarkoituksena tätä käsikirjaa laadittaessa on ollut pyrkimys rohkaista liikenteenvälityskykyä koskevia jatkotutkimuksia. Suunnittelijat, opiskelijat ja tutkijat voivat sekä käyttää että lisätä teoksessa esitettyä tietomäärää. Highway Research Board'in komiteat ja yksityiset jäsenet pyrkivät avustamaan, rohkaisemaan ja neuvomaan henkilöitä, jotka ovat kiinnostuneet liikenteenvälityskykyä koskevien tutkimusten edistämisestä.

LUKU 2

MÄÄRITELMIÄ

JOHDANTO

Liikennesuunnittelussa käytettyjen termien merkityksissä ja merkitysvivahteissa vallinnut sekaannus on ainakin jossakin määrin vaikuttanut eri teiden liikenteenvälityskyvyn arvoja koskeviin huomattaviin mielipide-eroihin. Itse asiassa useimmin väärinymmärretty tai väärinkäytetty termi liikenteenvälityskykyä koskevilla asioilla lienee sana "välityskyky" itse. Tässä yhteydessä esitetyt määritelmät lienevät kuvaavimpia ja yleisimmin liikennesuunnittelussa käytössä olevia. Useimmat näistä määritelmistä perustuvat nykyiseen käytäntöön tai ovat jo eri organisaatioiden käyttöön otamia.

Eräissä tapauksissa määritelmä on kuitenkin aikaisemmin julkaistuissa teoksissa esitettyjen määritelmien yhdistelmä tai kompromissi. Tekijöiden ensisijainen tarkoitus on ollut antaa tässä teoksessa käytetyille termeille tarkat määritelmät ja pyrkiä täten vähentämään teoksen sisällön virheellisiä tulkintoja.

Pääosin vain tässä teoksessa käytetyt termit sisältyvät luetteloon. Määritelmien löytämisen helpottamiseksi on luvun lopussa käytettyjen termien aakkosellinen luettelo.

LIIKENTEENVÄLITYSKYVYN MÄÄRITELMÄ

Liikenteenvälityskyky on ajoneuvojen suurin lukumäärä, jonka voidaan todennäköisesti olettaa sivuuttavan tietyn kaistan tai tien pisteen yhteen suuntaan (tai molempiin suuntiin kaksikaistaisilla tai kolmikaistaisilla teillä) tiettynä ajanjaksona vallitsevissa tie- ja liikenneolosuhteissa. Teoksessa käytetty välityskykytermi vastaa eräissä muissa julkaisuissa käytettyä termiä "mahdollinen välityskyky". Jos ajanjaksoa ei ole määriteltä, ilmaistaan liikenteenvälityskyky yhtä tuntia vastaavana arvona. Ilmoitettua välityskykyä ei normaalisti voida ylittää elleivät vallitsevat olosuhteet muutu. Välityskyvyn lukuarvon yhteydessä on ensiarvoisen tärkeätä ilmoittaa kyseistä lukuarvoa vastaavat vallitsevat tie- ja liikenneolosuhteet.

Liikennemäärien ollessa korkeita määrää tien tietyn pisteen sivuuttavien ajoneuvojen lukumäärän jokin seuraavista rajoittavista suureista:

1. Tietä käyttämään pyrkivien ajoneuvojen lukumäärä määrättyä ajankohtana.
2. Tien liikenteenvälityskyky
 - a) tarkasteltavassa tien kohdassa
 - b) tarkastelupistettä aikaisemmin liikenteen suunnassa, tai
 - c) tarkastelupisteen jälkeen liikenteen suunnassa.

Kun rajoittava tekijä on kohdan 1. mukainen, on liikennemäärä tarkastelupisteen tai sitä verratien lähellä olevien pisteiden välityskykyä alhaisempi. Kun rajoittava tekijä on kohdan 2. a) mukainen, on liikennevirta yleensä vapaa havaintokohdassa, mutta ruuhkautumista saattaa ilmetä välittömästi ennen havaintopistettä. Kun rajoittava tekijä on kohdan 2. b) mukainen on liikennevirta yleensä vapaa havaintokohdassa, koska ajoneuvojen on täytynyt läpäistä aikaisemmin ollut alemman välityskyvyn omaava kohta. Tällaisessa tapauksessa, ellei havaintokohtaa aikaisempi kapenema ole nähtävissä havaintopisteestä tai ellei sitä tiedetä, ei voida määritellä rajoittaako liikennemääriä kohdan 1. tai kohdan 2.b) mukainen tekijä. Kun rajoittavana tekijänä on kohdan 2.c) mukainen seikka, ruuhkautumista esiintyy havaintopisteessä. Tiettyjen ajoneuvojen suorituskyky tai ajajien ajotapa määrättyä ajankohtana saattaa vaikuttaa liikennevirtaan kohtien 2.a), 2.b) ja 2.c) mukaisissa olosuhteissa.

VALLITSEVAT AJO-OLOSUHTEET

Useat tekijät vaikuttavat tien liikenteenvälityskykyyn. Liikennevirran ajoneuvokoostumus, tien geometriset ominaisuudet sekä kaistojen lukumäärä ja leveys ovat eräitä tekijöitä, jotka muodostavat vallitsevat ajo-olosuhteet.

Vallitsevat ajo-olosuhteet voidaan jakaa kahteen yleiseen ryhmään:

- 1) tien rakenteesta riippuvat tekijät

- 2) tiellä esiintyvistä liikenteestä riippuvat tekijät.

Edelliseen ryhmään kuuluvista tekijöistä, joita ei voida muuttaa ilman rakennustoimenpiteitä, käytetään yleisnimitystä vallitsevat tieolosuhteet. Toiseen ryhmään kuuluvista tekijöistä, jotka voivat muuttua tai joita voidaan muuttaa tunneittain tai vuorokauden eri aikoina, käytetään yhteisnimitystä vallitsevat liikenneolosuhteet.

Vallitsevien tie- ja liikenneolosuhteiden lisäksi vaikuttavat kaikkiin liikennevirtoihin ympäristöolosuhteet, jotka riippuvat pääasiassa säästä, ja joihin kuuluvat esimerkiksi pilvisyys tai pilvetömyys, kuivuus, kylmyys, lämpimyys, kuumuus, sade, lumi, sumu, savu, kostea tai jäinen ajorata sekä tuulisuus. Myöskin eri vuorokauden aikoina vallitseva näkyvyys (etenkin päivänvalo tai pimeys) kuuluu ympäristöolosuhteisiin. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat tien liikenteenvälityskykyyn. Koska ympäristöolosuhteista on kuitenkin käytettävissä hyvin vähän tietoja, joiden perusteella niiden vaikutus liikenteenvälityskykyyn voitaisiin määrittää, ei niitä voida käsitellä yksityiskohdaisesti tässä kirjassa.

PALVELUTASO

Palvelutasolla tarkoitetaan laajassa merkityksessä mitä tahansa ajo-olosuhteisiin vaikuttavien tekijöiden yhdistelmää erilaisten liikennemäärien kuormittaessa määrättyä kaistaa tai tietä. Palvelutaso on useiden eri tekijöiden vaikutuksen laatua osoittava suure, johon vaikuttavat mm. ajonopeus, matka-aika, ajonkeskeytykset, ajamisvapaus, turvallisuus, ajomukavuus ja ajokustannukset. Käytännössä määrätty palvelutaso määritellään eräillä näiden tekijöiden raja-arvoilla. Tiejakso muodostuu normaalisti erilaisista tieosista. Läpikulkuliikennettä varten varattujen ajokaistojen lisäksi näihin osiin kuuluvat mm. sekoittumisalueet, rampit, kiihdytys- ja hidastuskaistat, lisäkaistat sekä liittymät. Näiden eri tieosien ajo-ominaisuuksien tulisi vastata tien perusosan muodostavien läpikulkuliikenteen ajokaistojen palvelutasoa. Jollakin tietyllä tiellä tai kaistalla saattaa palvelutaso vaihdella huomattavasti. Palvelutaso samalla tieosuudella riippuu liikennemäärästä, liikenteen ajoneuvokoostumuksesta sekä käytetyistä ajonopeuksista. Vaikka tie suunnitellaan siten, että tietty liikennemäärä välittyy sitä pitkin määrättyllä palvelutasolla, esiintyy tiellä kuitenkin useita eri palvelutasoja tuntiliikenteen vaihdellessa eri vuorokauden aikoina, viikonpäivinä, vuodenaikoina ja eri vuosina. Vastavasti erityyppisten pääteiden, maanteiden ja katurien (esim. moottoritiet, tasoliittymien varustetut moottorikadut, monikaistaiset maantiet, paikalliset kaksikaistaiset tiet, kaupunkialueiden pääkadut ja keskustan kadut) palvelutasoja ei lähes koskaan voida suoraan verrata toisiinsa, kos-

ka kutakin väylätyyppiä täytyy arvostella eri mitapuun mukaan.

Alhaiset liikennemäärät tietyllä ajokaistalla tai tiellä luovat paremman palvelutason kuin korkeat liikennemäärät samalla väylällä. Täten tietyn tien tai ajokaistan palvelutaso on kääntäen verrannollinen jonkin liikennemäärän tai liikennetiheyden funktion kanssa.

Tässä kirjassa on pyritty määrittelemään eri palvelutasoja vastaavat liikenneolosuhteet. Mittaaviksi suureiksi valitut palvelutasot vaihtelevat koko suunnittelualueen laajuudelta vapaan liikennevirran olosuhteista liikenteenvälityskykyä vastaavaan kuormitukseen asti. Käsikirjan tekijöiden tarkoituksena on ollut esittää suuntaviivat, joiden avulla kirjan käyttäjä voi määrittää ne liikennemäärät, jotka vastaavat kulloinkin kyseessä olevaan tarpeeseen soveltuvia palvelutasoja.

PALVELUTASON VÄLITYSKYKY

Palvelutason välityskyvyllä tarkoitetaan suurinta ajoneuvojen lukumäärää, joka voi sivuuttaa tietyn kaistan tai tien pisteen yhteen suuntaan useampikaistaisilla teillä (tai molempiin suuntiin kaksi- tai kolmekaistaisilla teillä) määrättyä ajanjaksona, jolloin ajo-olosuhteet vastaavat määrättyä palvelutasoa. Ellei ajanjaksoa ole erikseen määritetty, tarkoitetaan yhden tunnin liikennemäärää.

MUITA MÄÄRITELMIÄ

Seuraavassa on esitetty muita tässä käsikirjassa käytettyjä termejä ryhmiteltyinä kyseiseen termiin lähimmin liittyvän aihepiirin mukaan. Määritelmien löytämisen helpottamiseksi on tämän luvun lopussa aakkosellinen sanasto.

TIEVÄYLÄÄN LIITTYVIÄ MÄÄRITELMIÄ

1. Yleistä

- a. Maantie, katu tai tie (Highway, street or road) - Nämä ovat yleisiä termejä, joilla tarkoitetaan ajoneuvoliikennettä ja jalankulkua varten rakennettua yleistä tieväylää. Käsite sisältää koko tiealueen. Termejä maantie tai tie käytetään yleensä maaseudulla tai kaupunkialueella sijaitsevasta väylästä, jolla on verraten vähän liittymiä ja joka johtaa määrätystä taajamasta toiseen. Kaupunkialueella tieväylää kutsutaan tavallisesti kaduksi riippumatta siitä, onko väylällä reunakiviä tai jalkakäytäviä.
- b. Liittymisrajoitus (Control of access) - Tila, jossa viranomaisien päätökset rajoittavat tieväylän viereisen maa-alueen haltijan, omistajan tai muiden henkilöiden oikeutta rakentaa liittymä tielle.

- 1) Täydellinen liittymisrajoitus (Full control of access) tarkoittaa sitä, että viranomaisen toimenpiteet suosivat pääsuunnan liikennettä siten, että liittymä rakennetaan vain tiettyjen yleisten teiden kanssa ja tasoliittymät tai yksityisteiden liittäminen suoraan päätiehen on kielletty.
- 2) Osittainen liittymisrajoitus (Partial control of access) tarkoittaa sitä, että viranomaisen päätöksillään suosii pääsuunnan liikennettä, kuitenkin niin, että määrättyjen yleisten teiden eritasoliittymien lisäksi voidaan joitakin tasoliittymiä tai yksityisten teiden liittymiä päätien kanssa sallia.
- 3) Rajoittamattomat liittymämahdollisuudet (Uncontrolled access) tarkoittavat sitä, että teistä päättävä julkinen viranomainen ei rajoita liittymien lukumäärää muuten kuin määrittelemällä liittymille sallitut paikat ja niiden geometriset ominaisuudet liikenteen turvallisuuskäyttökohtien perusteella.

2. Toiminnallinen jako

- a. Päätie (Arterial highway) - Yleensä pääsuunnan liikennettä varten tarkoitettu ver-raten pitkä yhtenäinen väylä.
- b. Moottorikatu, pikatie¹ (Expressway) - Läpikulkevaa liikennettä varten tarkoitettu kaksiajoratainen tie, jolla on täydellinen tai osittain liittymisrajoitus ja jonka merkittävimmät liittymät on rakennettu eri tasoon.
- c. Moottoritie (Freeway) - Tieväylä, jolla on täydellinen liittymisrajoitus.
- d. Henkilöautotie (Parkway) - Yksityisautoliikenteelle varattu päätie, jolla on täydellinen tai osittainen liittymisrajoitus ja joka tavallisesti sijaitsee puisto- tai vapaa-alueilla.
- e. Pääkatu tai päätie (Major street or major highway) - Tasoliittymin varustettu katu tai tie, jolta on sallittu tonttiliittymät viereiselle maa-alueelle ja jonka geometriset ominaisuudet ja liikenteen ohjauslaitteet tehostavat pääsuunnan liikenteen turvallisuutta.

f. Läpikulkukatu tai läpikulkutie (Through street or through highway) - Tie, katu tai niiden osa, jolla on liikennemerkein osoitettu etuajo-oikeus poikittaisiin teihin nähden ellei liittymiä ole varustettu liikennevaloilla.

g. Paikalliskatu tai paikallistie (Local street or local road) - Tie tai katu, jonka pääasiallinen tarkoitus on yhdistää asunnot, toimipaikat tai muut toiminnalliset alueet tieverkkoon.

3. Suuntaiskäyttö

- a. Yksisuuntainen tie (One-way road) - Tie, jolla liikennöinti sallitaan vain yhteen suuntaa.
- b. Kaksisuuntainen tie (two-way road) - Tie, jolla voidaan liikennöidä vastakkaisiin suuntiin samanaikaisesti. Tie voi olla joko yksi- tai useampiajoratainen.

4. Poikkileikkauselementit

- a. Reunaväli (Roadway)² - Se osa tiestä, joka on rakennettu ja suunniteltu ajoneuvojen käyttöön. Useampiajorataiset tiet sekä rinnakkaistein varustetut väylät muodostuvat useammasta samansuuntaisesta reunavälistä. Yksiajorataisilla teillä, joilla ei ole rinnakkaisteita reunakivet tai pientareiden ulkoreunat normaalisti määrittelevät reunavälin leveyden.
- b. Rinnakkaistie (Frontage road) - Tavallisesti moottorikadun, moottoritien, autotien tai läpikulkutien viereinen, samansuuntainen väylä, jonka tarkoituksena on välittää, kerätä tai jakaa pääväylälle pyrkivää, sitä ylittävää tai siltä poistuvaa liikennettä sekä palvella viereisiä maa-alueita, joille pääväylältä liittymisrajoituksen vuoksi ei muuten voitaisi päästä.
- c. Päällysteen leveys (Pavement) - Se osa reunavälistä, jolla on rakennettu pintakerros ajoneuvoliikennettä varten.
- d. Piennar (Shoulder) - Reunakiven tai sivuluiskan ja pääsuunnan liikenteelle tarkoitettujen ajokaistan ulkoreunan välinen reunavälin osa, joka on tarkoitettu pysähtyneitä ajoneuvoja varten hätätilanteissa käytettäväksi ja tien rungon vakavuuden lisäämiseksi.

¹Käsite "expressway" ei vastaa mitään suomalaista tietyyppiä, mutta on luonteeltaan lähinnä moottoriliikennetietä etenkin maaseudulla. Käännöksessä käytetään termiä "pikatie" maaseutuolosuhteissa ja termiä "moottorikatu" kaupunkialueilla, jolloin sillä voi olla verraten useitakin tasoliittymiä. (Kuva sivulla 11).

²Tekstissä termi on usein käännetty myös sanalla "ajorata" milloin sekaannuksen vaaraa ei ole.

- e. Reunakiivi (Curb) - Pystysuora tai kalteva rakenne ajopäälysteen tai pientareen reunassa, joka vahvistaa, suojaa ja määrittelee tarkasti ajoradan reunan.
- f. Liikenteenjakaja (Separator) - Kahden ajoradan välissä oleva alue tai koroke joka erottaa joko vastakkaisiin tai samaan suuntaan liikkuvat liikennevirrat ja joka on rakennettu vaikeuttamaan tai estämään ajoneuvojen pääsyn liikenteenjakajan toiselta puolelta toiselle.

- 1) Keskikaista (Median) - Kaksiajorataisen tien vastakkaisiin suuntiin liikennöidyt ajoradat toisistaan erottava alue.
- 2) Kaistaerottaja (Lane separator) - Samansuuntaiset liikennevirrat erottava liikenteenjakaja, jonka molemmilla puolilla väylän luonne on samanlainen.
- 3) Välikaista (Outer separator) - Rinnakkaistien ja liittymärajoituksella varustetun tien tai pääkadun erottava alue.
- 4) Liikennesaareke (Traffic island) - Liikennevirtoja erottava tai ohjaava saareke, jota käytetään sekä samansuuntaisen että vastakkaissuuntaisen liikenteen erottamiseen ja kanavointiin.

g. Lisäkaista (Auxiliary lane) - Varsinaisen ajoradan rinnalle rakennettu kaista, jota käytetään pysäköintiin, nopeudenmuutoksiin tai muihin tavanomaisesta liikennöimisestä poikkeaviin tarkoituksiin.

- 1) Kiihdytyskaista (Acceleration lane) - Nopeudenmuutosta varten varattu kaista, jonka tarkoituksena on
 - a) antaa tielle saapuvalle ajoneuvolle mahdollisuus lisätä nopeutensa selkeäksi, että se voi turvallisemmin liittyä liikennevirtaan.
 - b) muodostaa liikennevirtaan liittymiseen tarvittava matka.
 - c) antaa päätiellä liikennöiville riittävästi aikaa ja matkaa liikennevirtaan liittyvän ajoneuvon huomioon ottamiseksi.
- 2) Hidastuskaista (Deceleration lane) - Nopeudenmuutosta varten varattu kaista, jonka tarkoituksena on antaa tieltä poistuvalla ajoneuvolla mahdollisuus hidastaa nopeutensa edessä olevan kaarteiden mukaisesti sen jälkeen, kun ajoneuvo on poistunut nopeasti liikkuvasta liikennevir-

rasta.

3) Pysäköintikaista (Parking lane) - Pääasiassa ajoneuvojen pysäköintiä varten varattu lisäkaista.

4) Ryömintäkaista (Climbing lane) - Ylämäisessä käytetty lisäkaista, joka on tarkoitettu pääasiassa hitaasti liikkuvien ajoneuvojen käytettäväksi, jotta tien liikenteenvälityskyky ja ajamisvapaus säilyisi yhdenmukaisena koko tiejaksolla.

5. Poikkileikkausmuoto

- a. Yksiajoratainen tie (Undivided road) - Tie, jolla ei ole joko luonnollista tai rakennettua pituussuuntaista liikenteenjakajaa, joka erottaisi vastakkaisiin suuntiin liikkuvat ajoneuvot.
- b. Moniajoratainen tie (Divided road) - Kaksisuuntainen tie, jolla vastakkaisiin suuntiin liikkuvat liikennevirrat on erotettu toisistaan. Tällaisella tiellä saattaa olla joko kaksi tai useampia ajoratoja.

6. Kaistalukumäärät

- a. Kaksikaistainen tie (Two-lane road) - Yksiajoratainen kaksisuuntainen tie, jolla on yksi liikennöity kaista kumpaankin suuntaan.
- b. Kolmikaistainen tie (Three-lane road) - Yksiajoratainen tie, jolla on molempia liikennesuuntia varten yksi kaista yksinomaan tähän suuntaan kulkevalle liikenteelle ja kolmas (keskimmäinen) kaista kummankin suunnalle liikenteelle ohituksia varten. Eriyistäpauksissa voidaan keskikaistalla ruuhka-aikoina ajaa vain toiseen suuntaan tai se voi olla varattu vasempaan kääntävälle liikenteelle.
- c. Monikaistainen tie (Multilane road) - Tie, jolla on kaksi tai useampia kaistoja kummankin suunnan liikenteelle, tai vähintään neljä kaistaa molempiin suuntiin yhteensä. Tie voi olla yksi- tai kaksisuuntainen ja yksi- tai kaksiajoratainen.

7. Ajokaista (Traffic lane) - Yhdelle ajoneuvonolle tarkoitettu ajoradan osa.

- a. Oikea ajokaista (Right lane) tai ensimmäinen ajokaista (lane one) - Liikenteen suuntaan äärimmäisenä oikealla oleva ajokaista, joka on tarkoitettu liikkuville ajoneuvoille. Maanteistä puheenollen voidaan tästä kaistasta käyttää nimitystä ulkokaista (outside lane) ja kaduista puheenollen termiä reuna-kaista (curb lane).

- b. Vasen ajokaista (Left lane) - Kaksikaistaisella, kaksisuuntaisella tiellä keskivii-
van vasemmalla puolella oleva kaista, jota
tavallisesti käyttää vastakkaiseen suuntaan
liikennöivä liikenne, tai monikaistaisella
tiellä äärimmäisenä vasemmalla oleva yhteen
suuntaan liikennöidyistä kaistoista.
- c. Keskimmäinen ajokaista (Center lane) - Yksi-
ajorataisella kaksisuuntaisella tiellä, jol-
la on pariton määrä ajokaistoja, se kaista,
jota voidaan käyttää kummankin suuntaiseen
liikenteeseen tai jota voidaan ruuhka-aikoi-
na käyttää varakaistana tai varata vasempaan
kääntyvää liikennettä varten.
- d. Toinen ajokaista, kolmas ajokaista (Lane two
lane three) jne. - Monikaistaisella tiellä
oikeanpuoleisen eli ensimmäisen kaistan va-
semmalla puolella tämän kanssa samaan suun-
taan kulkevalle liikenteelle varatut kaistat
numerojärjestyksessä oikealta vasempaan lii-
kenteen suuntaan katsottuna.
- e. Vaihtuvasuuntainen ajokaista tai kaistat
(Reversible lane or lanes) - Ajokaista tai
kaistat, joita liikennöidään yhteen suuntaan
tiettyinä ajanjaksoina ja vastakkaisuun-
taan toisina ajanjaksoina.
- f. Vasen ryhmittymiskaista (Left-turn lane) -
Tien normaalilla päällystetyllä osuudella
oleva ajokaista, tai keskisaran viereen tai
päälle rakennettu lisäkaista, joka on va-
rattu liittymissä vasempaan kääntyville ajo-
neuvoille.
- g. Oikea ryhmittymiskaista (Right-turn lane) -
Tien normaalilla päällystetyllä osuudella
oleva ajokaista, tai läpikulkevien kaisto-
jen oikealle puolelle rakennettu lisäkaista,
joka on varattu liittymissä oikealle kään-
tyville ajoneuvoille.
- h. Linja-autokaista (Bus lane) - Ajokaista,
joka on joko liikennöimistä tai matkustajien
ottamista ja jättämistä varten varattu lin-
ja-autoille muualla paitsi liittymissä lin-
ja-autokaistan ollessa reunakaista, jolloin
myös kääntyvät ajoneuvot voivat käyttää sitä.
8. Liittymä (Intersection) - Reunakivien ajateltu-
jen jatkeiden rajoittama alue, tai reunakivien
puuttuessa ajoratojen reunojen jatkeiden ra-
joittama verraten suorakulmainen alue, tai alue,
jolla eri teillä liikennöivät ajoneuvot missä
tahansa kulmassa teiden liittyessä toisiinsa
voivat kohdata.
- a. Liittymähaara (Intersection leg) - Se jokai-
sen liittymästä lähtevän ajoradan osa, joka
on varsinaisen liittymän ulkopuolella.
- 1) Tulohaara (Approach) - Se liittymähaaran
osa, jota liittymää lähestyvä liikenne
käyttää.
- 2) Lähtöhaara (Exit) - Se liittymähaaran osa,
jota liittymästä poistuva liikenne käyt-
tää.
- b. Kolmihaarainen liittymä (Three-leg intersec-
tion) - Liittymä, jolla on kolme liittymähaa-
raa. Joka jonkin liittymähaaran voidaan katsoa
suunnilleen olevan jonkin tulohaaran jatke,
ja jos kolmas liittymähaara leikkaa tätä
jatketta 75°:n ja 105°:n välisessä kulmassa,
liittymä luokitellaan T-liittymäksi. Jos yk-
si liittymähaara on suunnilleen toisen tulo-
haaran jatke ja kolmas liittymähaara leikkaa
tätä jatketta 75°:a pienemmässä tai 105°:a
suuremmassa kulmassa, liittymä luokitellaan
Y-liittymäksi.
- c. Nelihaarainen liittymä (Four-leg inter-
section) - Liittymä, jolla on neljä liit-
tymähaaraa. Jos kaksi liittymähaaraa
ovat suunnilleen kahden muun jatkeita, ja
jos näiden jatkeiden välinen kulma on
75°:a suurempi, mutta 105°:a pienempi,
liittymä luokitellaan suorakulmaiseksi.
Jos kaksi liittymähaaraa ovat suunnilleen
kahden muun jatkeita, ja näiden jatkeiden
välinen kulma on pienempi kuin 75° tai suu-
rempi kuin 105°, liittymä luokitellaan ne-
lihaaraiseksi tylpäksi liittymäksi.
- d. Monihaarainen liittymä (Multi-leg inter-
section) - Liittymä, jossa on viisi tai
useampia liittymähaaroja.
- e. Kiertoliittymä (Rotary intersection) -
Kolmen tai useamman liittymähaaran yhtymä-
kohta, jossa liikenne yhtyy ja erkanee yk-
sisuuntaiselta vastapäivään liikennöidyltä
keskialueelta kiertävältä väylältä. (Vasem-
manpuoleisen liikenteen maissa keskusympy-
röissä liikennöidään myötäpäivään).
9. Kanavointi (Channelization) - Risteävien lii-
kennevirtojen erottaminen tai ohjaaminen mää-
rättyille ajourille ajoratamaalauksia, liiken-
nesaarekkeita tai muita ajoneuvoliikenteen ja
jalankulun turvallisuuden ja järjestyksen pa-
rantamiseksi tarkoitettuja välineitä käyttäen.
10. Eritasoristeys (Highway grade separation) -
Kahta tai useampaa toisiaan leikkaavaa ajora-
taa pystysuunnassa erottava rakenne, joka sal-
lii kaikkien teiden liikenteen risteämisen
toisten teiden liikennettä häiritsemättä.
- a. Eritasoliittymä (Interchange) - Eritasoris-
teyksen yhteydessä risteävien teiden yhdis-
tämiseksi käytetty rakenne, jonka kautta

liikenne voi siirtyä eri tasoissa risteäviltä väyliltä toisille.

b. Ramppi (Ramp) - Eritasoliittymässä risteävät väylät toisiinsa yhdistävä ajorata, tai mikä tahansa eri tasoissa tai samansuuntaisina kulkevien teiden yhteys, jota pitkin ajoneuvot voivat siirtyä väylältä toiselle.

1) Silmukka (Inner loop) - Ramppi, jota pitkin eritasoliittymässä vasempaan kääntyvät ajoneuvot voivat siirtyä tieltä toiselle erkanemalla oikealle, suorittamalla 270^o:n käännöksen oikealle ja liittymällä toiselle tielle jälleen oikealta.

2) Ulkoramppi (Outer connection) - Ramppi, jota pitkin eritasoliittymässä oikealle kääntyvät ajoneuvot pääsevät väylältä toiselle.

3) Suora ramppi (Direct connection) - Ramppi, joka ei merkittävästi poikkea aiotusta ajosuunnasta. Suoralla rampilla voidaan välttää silmukan käyttö vasempaan kääntyville. Ulkoramppi on suora ramppi oikealle kääntyville.

c. Rampin kärki (Ramp terminal) - Rampin osa, jolla se liittyy päätien ajorataan. Rampeilla on sekä tulo- että lähtökärki. Liitetyvällä rampilla on tulokärki, erkanevalla rampilla lähtökärki.

11. Sekoittumisalue (Weaving section) - Yksisuuntaisen ajoradan osa, jonka toisessa päässä kaksi yksisuuntaista ajorataa yhtyy ja toisesta päästä erkane. Moninkertainen sekoittumisalue muodostuu useammasta kuin kahdesta liittyvästä tai erkanevasta ajoradasta.

12. Näkemä (Sight distance) - Henkilöauton kuljetajan näkemä matka mitattuna tien normaalia ajouraa pitkin tien pintaan tai tiettyyn korkeuteen pinnan yläpuolella, kun muu liikenne ei ole näkemäesteenä.

a. Pysähtymisnäkemä (Stopping sight distance) - Matka, jonka ajoneuvon ajaja tarvitsee tiettyllä ajonopeudella ajaessaan ajoneuvonsa pysäyttämiseen nähtyään esteen ajoradalla. Pysähtymisnäkemä sisältää havainto- ja reaktioaikana sekä jarrutettaessa kuljetun matkan.

b. Ohitusnäkemä (Passing sight distance) - Matka, jonka pituisen vapaan näkemän ajoneuvon kuljettaja tarvitsee voidakseen suorittaa ohituksen turvallisesti niin, ettei ohituksen alkamishetkellä näkyviin tulevan ohje- nopeudella vastakkaiseen suuntaan kulkevan ajoneuvon tarvitse vähentää nopeuttaan.

13. Maasto-olosuhteet (Terrain) - Tien tai kadun pituuskaltevuuteen vaikuttavat topograafiset tekijät. Tässä käsikirjassa käytetään termin yhteydessä yleensä jotakin seuraavista määreistä: tasainen, vaihteleva tai jyrkkä. Nämä kolme määrettä vastaavat erilaatuisia geometrisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat pääasiassa tien pituuskaltevuuteen tai vaakasuoraan tai pystysuoraan linjaukseen. Ne heijastuvat kuorma-autojen vaikutuksessa liikenteen välityskykyyn, jota kuvaa niiden henkilöautoekvivalentti erilaisissa geometrisissa olosuhteissa.

a. Tasainen maasto (Level terrain) - Mikä tahansa tien pituuskaltevuuden, nousun pituuden tai vaaka- ja pystysuoran linjauksen yhdistelmä, joka sallii kuorma-autojen käytävän samoja tai lähes samoja nopeuksia kuin henkilöautot.

b. Vaihteleva maasto (Rolling terrain) - Mikä tahansa pituuskaltevuuden, nousun pituuden tai vaaka- ja pystysuoran linjauksen yhdistelmä, joka vähentää kuorma-autojen nopeuden huomattavasti henkilöautojen nopeuksia alhaisemmaksi joillakin tien osilla, mutta ei alenna kuorma-autojen nopeuksia minimiin merkittävän pitkällä matkoilla.

c. Jyrkkä maasto (Mountainous terrain) - Mikä tahansa pituuskaltevuuden, nousun pituuden tai vaaka- ja pystysuoran linjauksen yhdistelmä, joka alentaa kuorma-autojen nopeuden minimiin huomattavan pitkällä matkoilla tai lyhyin väliajoin.

d. Jatkuva pituuskaltevuus (Sustained grade) - Huomattavan pitkä jatkuva tien pituuskaltevuus, joka pysyy verraten vakiona.

14. Ihanneolosuhteet (Ideal conditions) - Liikenteen välityskyvyn määrittelyssä käytetyt perusolosuhteet, jotka täyttävät seuraavat edellytykset:

a. Katkaisematon liikennevirta, jota siihen kuulumattomat ajoneuvot tai jalankulkijat eivät häiritse.

b. Liikennevirta muodostuu vain henkilöautoista.

c. Ajokaistat ovat 3.60 metriä (12 ft) leveitä, pientareet ovat riittävät eikä sivuesteitä ole 1.80 metriä (6 ft) lähempänä ajoradan reunaa.

d. Tien vaaka- ja pystylinjaus vastaa 112 km/h (70 mph) keskimääräisen tienopeuden edellytyksiä, minkä lisäksi kaksi- tai kolmekais- taisilla teillä on jatkuvasti ohitusnäkemä.

LIIKENTEEN OHJAUSLAITTEIDEN MÄÄRITELMIÄ

1. Liikenteen ohjauslaite (Traffic control device) - Mikä tahansa merkki, merkintä tai laite, joka on sijoitettu paikalleen ajoneuvo- tai jalankulkuliikenteen säännöstelemiseksi, varoittamiseksi tai opastamiseksi.
2. Ajoratamerkinnät (Pavement markings)
 - a. Kaistaviiva (Lane line) - Viiva, joka erottaa kaksi samansuuntaiselle liikenteelle tarkoitettua ajokaistaa.
 - b. Keskiviiva (Center line) - Viiva, joka jakaa ajoradan vastakkaissuuntaisille liikennevirroille tarkoitettuihin osiin. Keskiviivan ei tarvitse olla ajoradan geometrisessä keskikohdassa.
3. Liikennemerkki (Traffic sign) - Kiinteällä tai siirrettävällä jalustalla oleva liikenteen ohjauslaite, joka välittää tietyn tiedon sanoin tai merkein ja joka on asetettu paikalleen viranomaisten toimesta liikenteen säännöstelemiseksi, varoittamiseksi tai opastamiseksi.
4. Liikennevalo (Traffic control signal) - Laite, joka vaihtuvien valojen avulla ohjaa liikenteen vuorotellen pysähtymään ja jatkamaan matkaansa.
 - a. Opaste (Signal indication) - Liikennevalon tai vastaavan laitteen näyttämä valo tai merkki tai samanaikaisten valojen tai merkien yhdistelmä.
 - b. Jakso (Time cycle) - Aika tietyn opasteen ja opasteyhdistelmän alkuhetkestä siihen hetkeen, jolloin sama opaste seuraavan kerran alkaa.
 - c. Vaiheosa (Interval) - Mikä tahansa jakson osa, jonka aikana opasteet eivät muutu.
 - d. Vaihe (Phase) - Jakson osa, joka saattaa käsittää yhden tai useampia vaiheosia, ja jonka aikana opasteet sallivat tietyn liikennevirran tai tiettyjen liikennevirtojen kulun.
 - e. Aikaohjattu liikennevalo (Pretimed signal) - Opastin, joka pysäyttää tai päästää liikenteen eteenpäin tietyn ennalta suunnitellun aikaohjelman mukaan.
 - f. Liikenneohjattu liikennevalo (Traffic-actuated signal) - Opastintyyppi, jonka vaiheosat seuraavat toisiaan liikenteen ilmaisimien rekisteröimän liikennetarpeen mukaan.
 - 1) Osittain liikenneohjattu liikennevalo (Semi-traffic-actuated signal) - Opastintyyppi, jonka avulla yksi tai useampi,

mutta ei jokainen liittymän tulohaara voidaan ottaa huomioon ajoneuvoilmaisimien avulla.

- 2) Täysin liikenneohjattu liikennevalo (Full traffic-actuated signal) - Opastintyyppi, jonka avulla kaikki liittymän tulohaarat voidaan ottaa huomioon ajoneuvoilmaisimien avulla.
- 3) Jalankulkuohjattu liikennevalo (Pedestrian-actuated signal) - Opastintyyppi, jonka vaiheiden muuttaminen tapahtuu jalankulkijoiden toimesta.

- g. Progressiivinen järjestelmä (Progressive system) - Liikennevalojärjestelmä, missä tietyn kadun liikennettä ohjaavat opasteet sallivat liikennöimisen tietyn aikataulun mukaan mahdollisimman jatkuvana virtana päästämällä ajoneuvot ryhminä katu eteenpäin tietyllä nopeudella, joka saattaa järjestelmän eri osissa vaihdella.

LIIKENTEEN MÄÄRITELMIÄ

1. Liikenne (Traffic) - Kaikenlainen jotakin kulkuväylällä pitkin tapahtuva henkilöiden tai tavaroitten siirtyminen tai siirtäminen paikasta toiseen joko ajoneuvoilla tai jalan.
 - a. Ajoneuvo (Vehicle) - Mikä tahansa pyörillä varustettu liikenneväline. Normaalisti termiä ajoneuvo käytetään tässä teoksessa merkitsemään vapaasti liikkuvia ajoneuvoja, jotka seuraavassa kohdassa määritellään.
 - b. Vapaasti liikkuva ajoneuvo (Free-wheeled vehicle) - Liikenneväline, joka ei liiku raitteilla tai erityisellä sitä varten tehdyllä kulkualustalla.
 - c. Henkilöauto (Passenger car) - Vapaasti liikkuva, omalla voimalähteellä varustettu yleensä henkilöiden kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvo, jossa on enintään yhdeksän istumapaikkaa. Käsite sisältää taksit, yksityisautot ja ns. farmariautot. Välityskykyä määriteltäessä käsitteeseen sisältyvät myös kaksiakseliset, nelipyöräiset kevyet kuorma-autot, jotka ajo-ominaisuuksiltaan vastaavat henkilöautoja. Moottoripyörät eivät sisälly tähän käsitteeseen.
 - d. Kuorma-auto (Truck) - Vapaasti liikkuva, tavaroitten kuljetukseen tarkoitettu kaksi- tai useampiakselinen ajoneuvo, jolla on kaksoisrenkaat yhdessä tai useammassa pyöräparissa. Käsite sisältää myös puoli- tai kokoperävau- nulliset kuorma-autot. Käsite ei sisällä kaksiakselisia nelipyöräisiä ajoneuvoja, jotka voidaan rekisteröidä kuorma-autoksi mutta

jotka käyttöominaisuuksiltaan vastaavat henkilöautoja.

- e. Linja-auto (Bus) - Vapaasti liikkuva, omalla voimalähteellä varustettu henkilöiden kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvo, jossa on vähintään 10 istumapaikkaa.

- f. Raskas ajoneuvo (Commercial vehicle) - Kuorma-auto tai linja-auto.

LIKENNÖIMISEN MÄÄRITELMIÄ

1. Nopeus (Speed) - Ajoneuvoliikenteen tai tiettyjen ajoneuvojen liikkumisnopeus ilmaistuna kilometreinä tunnissa (maileina tunnissa).

- a. Pistenopeus (Spot speed) - Ajoneuvon nopeus sen ohittaessa tien tietyn poikkileikkauksen.

- b. Keskimääräinen pistenopeus (Average spot speed) - Kaikkien tai tiettyyn ajoneuvoluokkaan kuuluvien ajoneuvojen pistenopeuksien keskiarvo niiden ohittaessa tien tietyn poikkileikkauksen määrättyä ajanjaksona. Käsitteestä käytetään myös termiä nopeuksien aikajakautuman keskiarvo.

- c. Matkanopeus (Overall travel speed) - Ajoneuvon nopeus tietyllä tieosuudella määrättyä matkan pituuden ja kokonaismatkan ajan (viivästykset mukaanluettuna) osamääränä.

- d. Keskimatkanopeus (Average overall travel speed) - Kaikkien tai tiettyyn ajoneuvoryhmään kuuluvien ajoneuvojen tietyllä tiellä kulkemien matkojen summan ja niiden matka-aikojen summan osamäärä tietyllä ajanjaksolla.

- e. Nopeuksien matkajakautuman keskiarvo (Space mean speed) - Tietyllä tieosuudella määrättyä hetkenä olevien ajoneuvojen nopeuksien keskiarvo. Käsite voi myös tarkoittaa tietyn ajoneuvoryhmän keskimääräistä nopeutta määrättyllä tieosuudella laskettuna niiden keskimääräisestä matka-ajasta.

- f. Ohjenopeus (Design speed) - Tien kaarresäteiden sivukaltevuuden ja näkemien suunnitelmiseksi ja määrittelmiseksi valittu nopeus, jonka käyttäminen tiellä on turvallista.

- g. Keskimääräinen tienopeus (Average highway speed) - Eri tieosien ohjenopeuksien painotettu keskiarvo, kun osuuksien ohjenopeudet on määriteltä kunkin osuuden suunnitteluelementtien perusteella.

- h. Käyttönopeus (Operating speed) - Suurin matkanopeus, joka tiellä voidaan saavuttaa suotuisissa sääolosuhteissa ja vallitsevissa liikenneolosuhteissa ylittämättä missään kohdassa turvallista nopeutta, jona pidetään kunkin osuuden suunnitteluelementtien perusteella määrättyä ohjenopeutta.

- i. Häiriintymättömän liikennevirran käyttönopeus (Free-flow operating speed) - Henkilöauton käyttönopeus tietyllä tieosuudella liikennetiheyden ollessa hyvin alhainen.

- j. Ajoneuvon nopeus (Running speed) - Ajoneuvon nopeus tietyllä tieosalla määrättyä matkan ja ajoajan osamääränä. Koko liikennevirran tai sen osan keskimääräinen ajoneuvon nopeus on matkasumman ja ajoaikasumman osamäärä.

2. Ajoaika (Running time) - Aika, jonka ajoneuvo on liikkeessä.

3. Viivytys (Delay) - Ajanhukka, joka aiheutuu liikenteen tai sen osan vapaata kulkua häiritsevistä tekijästä, johon ajaja ei voi vaikuttaa. Viivytys ilmaistaan tavallisesti sekunteina ajoneuvoa kohti.

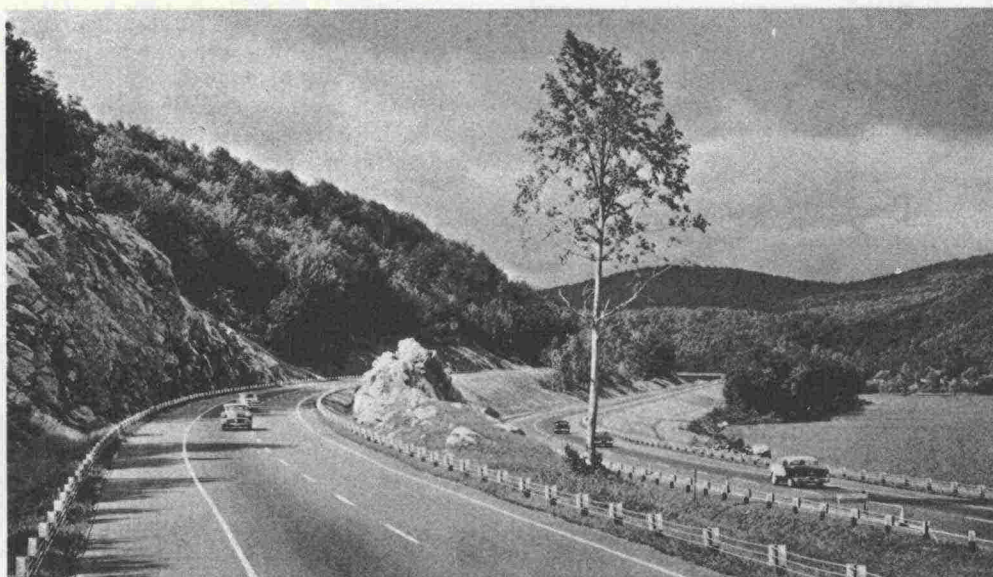
- a. Kiinteä viivytys (Fixed delay) - Viivytys, joka aiheutuu ajoneuvolle muusta liikenteestä riippumatta, esim. liikennevalojen tai pysähtymismerkkien takia.

- b. Liikenteestä johtuva viivytys (Operational delay) - Ajoneuvolle muusta liikenteestä aiheutuva viivytys, joka on äärimmäisen alhaisten ja korkeiden liikennemäärien vallitessa mitattujen matka-aikojen erotusta. Esim. muusta liikenteestä johtuva, risteyksessä aiheutuva odotusaika tai liikenneruuhkista, pysäköityjen ajoneuvojen aiheuttamasta häiriöstä tai kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamasta hidastuksesta johtuvat ajan hukat ovat liikenteestä aiheutuvia viivytyksiä.

4. Ajoneuvoväli (Vehicular gap) - Kahden peräkkäisen ajoneuvon matkana tai aikana ilmaistu väli mitattuna edellä ajavan perästä jäljessä ajavan keulaan.

5. Matkaväli (Spacing) - Kahden peräkkäisen ajoneuvon välinen etäisyys mitattuna keulasta keulaan.

6. Aikaväli (Headway) - Kahden peräkkäisen ajoneuvon välinen aikaero mitattuna keulasta keulaan niiden ohittaessa tietyn poikkileikkauksen.



Maaseutumoottoritie vaihtelevassa maastossa. Ajokaistojen kummallekin puolelle on rakennettu pientareet. Luontoon sopivat istutukset ja kallioesiintymät toimivat maastoon sopeuttavina tekijöinä. Reunaviivat osoittavat ajoradan reunan selvästi.



Osittaisella liittymärajoituksella varustetun moottorikadun tasoliittymä. Huomaa keskisaran katkaisu ja vasempaan kääntyville ajoneuvoille varatut kaistat. Taustalla näkyvä silta välittää poikittaisliikenteen.



Kaupunkialueelle rakennettu kiertoliittymä. Suurin liikennevirta käyttää risteyksen alta kulkevaa väylää. Liikenteen sujumista liittymässä on edistetty käyttämällä liikennevaloja, ajoratamaalauksia sekä liikennesaarekkeita.



*Autotiellä esiintyvä suuri liikennetiheys. Molemmat ajoradat ovat verrat-
ten poikkeuksellisesti täysin ruuhkautuneet kapenemien (ei näy kuvassa)
johdosta.*

7. Sekoittuminen (Weaving) - Kahden liikennevirran risteäminen siten, että ne ensin liittyvät toisiinsa ja sitten erkanevat.
8. Liittyminen (Merging) - Kahden samaan yleisuuntaan kulkevan liikennevirran yhtyminen yhdeksi liikennevirraksi. Tuloksena olevasta yhdestä liikennevirrasta käytetään termiä yhteisliikennemäärä (merge volume).
9. Erkaneminen (Diverging) - Liikennevirran jakautuminen kahdeksi tai useammaksi liikennevirraksi. Yhden liikennevirran kokonaismäärästä ennen erkanemista käytetään termiä yhteisliikennemäärä (diverge volume).
10. Liikennemäärä (Volume) - Tien tai ajokaistan tietyn poikkileikkauksen tietyssä ajassa ohittavien ajoneuvojen lukumäärä. Liikennemäärä voidaan ilmoittaa vuorokausi-, vuosi- tai tuntiliikennemääränä.
 - a. Vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne (Average annual daily traffic) - Vuoden kokonaisliikennemäärä jaettuna vuoden päivien lukumäärällä. Lyhennetään yleisesti KVL (AADT).
 - b. Keskimääräinen vuorokausiliikenne (Average daily traffic) - Tietyn vuotta lyhyemmän ajanjakson kokonaisliikennemäärä jaettuna ajanjakson päivien lukumäärällä.
 - c. Vuoden huipputuntiliikenne (Maximum annual hourly volume) - Tietyllä tiellä määrätyn vuoden aikana esiintyvä korkein tuntiliikennemäärä.
 - d. Vuoden 10., 20., 30., jne. huipputuntiliikenne (tenth, twentieth, thirtieth etc. highest annual hourly volume) - Tuntiliikenne, jota suurempia arvoja määrättyinä vuonna esiintyy 9, 19, 29 jne tunnin aikana.
11. Huipputuntiliikenne (Peak-hour traffic) - Korkein ajoneuvolukumäärä, joka ohittaa tien tai kaistan poikkileikkauksen yhden yhtäjaksoisen tunnin aikana.
12. Redusoitu tuntiliikenne (Rate of flow) - Tuntia lyhyemmän ajanjakson aikana tiellä tai kaistalla esiintyvä liikennemäärä kerrottuna koko tunnin ja jakson pituuden suhteella.
13. Katkaistu liikennevirta (Interrupted flow) - Liikennevirta, jossa ajoneuvo joutuu pysähtymään muun kuin liikennevirrasta johtuvan syyn vuoksi, esim. liikennemerkin tai liikennevalojen takia. Itse liikennevirrasta aiheutuvien syiden tuloksena ei ole katkaistu liikennevirta.
14. Katkeamaton liikennevirta (Uninterrupted flow) - Liikennevirta, josta ajoneuvo ei joudu tietyllä tieosuudella pysähtymään muun kuin liikennevirrasta itsestään johtuvan syyn vuoksi.
15. Liikennetiheys (Density) - Tietyn pituisella tien, ajoradan tai ajokaistan osalla tietyllä hetkellä kulkevien ajoneuvojen lukumäärä. Ilmaistaan tavallisesti ajoneuvoina/km (ajon./mi.).
 - a. Keskimääräinen liikennetiheys (Average density) - Tietyn pituisen tieosuuden liikennetiheys keskimäärin tietyn ajanjakson aikana.
 - b. Kriittinen liikennetiheys (Critical density) - Tietyn tien liikennetiheys, kun liikennemäärä on sama kuin tien välityskyky. Liikennetiheyden ollessa kriittistä arvoa suurempi tai pienempi liikennemäärä on välityskykyä pienempi. Kriittinen liikennetiheys esiintyy silloin, kun kaikki ajoneuvot ajavat suunnilleen samalla nopeudella.
16. Kuormituskerroin (Load factor) - Tietyllä tulosuunnalla huipputunnin täysin kuormitettujen vihreiden vaiheiden lukumäärän suhde saman tunnin kaikkien vihreiden vaiheiden lukumäärään. Kertoimen maksimiarvo on 1.
17. Huipputuntikerroin (Peak-hour factor) - Huipputunnin todellisen liikennemäärän suhde huipputuntiin sisältyvän lyhyemmän huippuliikennejakson redusoituun tuntiliikenteeseen. Huipputuntikerroin mittaa liikenteen huippuajanjaksojen ominaisuuksia ja sen maksimiarvo on 1. Termiä käytettäessä on huipputunnin sisäinen ajanjakso määriteltävä. Ajanjaksona käytetään yleensä 5 tai 6 minuuttia moottoriteillä ja 15 minuuttia risteystarkasteluissa.
18. Matkavastus (Friction)
 - a. Liittymävastus (Intersectional friction) - Liikenteelle aiheutuva hidastuminen, joka johtuu liikennevirtojen leikkaamisesta tai yhtymisestä liittymässä. Vastus johtuu yksinomaan kahden liikennevirran leikkaamisesta toistensa kanssa.
 - b. Sivuestevastus (Marginal friction) - Liikenteen vapaalle liikkumiselle aiheutuva hidastuminen, joka johtuu tien sivuesteistä. Käsite ei sisällä liittymävastusta tai kohtaamisvastusta.
 - c. Kohtaamisvastus (Medial friction) - Liikenteen vapaalle liikkumiselle aiheutuva hidastuminen, joka johtuu tiellä vastakkaiseen suuntaan liikkuvien ajoneuvojen aiheuttamas-

ta häiriöstä. (Kääntyvistä ajoneuvoista johtuva vastus luokitellaan liittymävastukseksi.)

- d. Liikennevirtavastus (Stream friction) - Liikenteen vapaalle liikkumiselle aiheutuva hidastuminen, joka johtuu samaan suuntaan liikkuvien ajoneuvojen aiheuttamista häiriöistä. Käsite ei sisällä kääntymisestä aiheutuvia hidastuksia, vaan pääasiassa ajoneuvojen koko- ja nopeuseroista johtuvat häiriöt.

19. Ylävirta (Upstream) - Tieosuus, joka on liikenteen liikkumissuunnassa havaintopistettä ennen.

20. Alavirta (Downstream) - Tieosuus, joka on liikenteen liikkumissuunnassa havaintopisteen jälkeen.

21. Kapenema (Bottleneck) - Tieosuuden muuta tietä kapeampi poikkileikkaus, joka vähentää siitä eteenpäin kulkevaa liikennemäärää.

22. Henkilöautoekvivalentti (Passenger car equivalent) - Luku, joka ilmoittaa tietyn ajoneuvon tien välityskyvystä käyttämien henkilöautoyksiköiden lukumäärän vallitsevissa tie- ja liikenneolosuhteissa.

23. Ajoneuvoryhmä (Platoon) - Tieosuudella useista lähekkäin ajavista ajoneuvoista muodostunut liikkuva tai liikkeellelähtoon valmis ryhmä, jonka edessä ja takana on tyhjää tilaa.

24. Perusliikennemäärä (Base volume) - Tiettyihin laskennallisiin tarkoituksiin käytettävä liikennemäärä, joka eroaa vallitsevissa ajo-olosuhteissa esiintyvistä välityskyvystä siten, että ihanneolosuhteiden liikenteenvälityskykyyn sovellettavat korjauskertoimet vastaavat tiettyä palvelutasoa eikä vallitsevien liikenneolosuhteiden välityskykyä.

MAANKÄYTÖN MÄÄRITELMIÄ

1. Liikekeskusta (Central business district)

- Yhdyskunnan alueellinen osa, jossa voimakas

ja monipuolinen liiketoiminta on pääasiallinen maankäytön muoto. Liikekeskustalle on luonteenomaista jalankulkijoitten suuri lukumäärä, kaupallinen liikenne, pysäköintipaikkojen määrällisesti suuri tarve ja suuri pysäköintien määrä.

2. Keskustan reuna-alue (Fringe area) - Yhdyskunnan alueellinen, välittömästi liikekeskustan ulkopuolella oleva osa, jossa sijaitsee verraten monipuolista liiketoimintaa, kuten pieniä kauppaliikkeitä, kevyttä teollisuutta, varasto-alueita, autohuoltamoita sekä joitakin tiiviitä asuntoalueita. Suurin osa tämän alueen liikenteestä muodostuu matkoista, joiden lähtö- tai määräpaikkaa ei ole tällä alueella. Alueella esiintyy jalankulkuliikennettä kohtalaisesti ja pysäköintien luku on alhaisempi kuin liikekeskustassa, mutta alueella voi sijaita suuria, liikekeskustaa palvelevia pysäköintirakenteita.

3. Lähiökeskus (Outlying business district) - Yhdyskunnan alueellinen osa tai yhdyskunnan vaikutusalueella oleva alue, joka normaalisti sijaitsee jonkin matkan päässä liikekeskustasta ja sen reuna-alueelta, ja jossa liiketoiminta on pääasiallisin maankäyttömuoto. Tällaisella alueella esiintyy sekä omaa sisäistä liikennettä että liikekeskustaan suuntautuvaa tai sieltä poistuvaa läpikulkuliikennettä. Pysäköintipaikkatarve ja pysäköintien lukumäärä on verraten korkea, ja jalankulkuliikennettä esiintyy kohtalaisesti. Tiiviitä, kadusta erotettuja ostoskeskuksia, jotka ovat kokonaan väylän yhdellä puolella, ei pidetä lähiökeskuksina.

4. Asuntoalue (Residential area) - Yhdyskunnan alueellinen osa tai sen vaikutusalueella oleva alue, jossa asuminen on merkittävin maankäyttömuoto, joskin alueella saattaa olla vähäistä liiketoimintaa. Vähäinen jalankulkuliikenne ja pysäköintien alhainen lukumäärä ovat tyypillisiä asuntoalueille.

AAKKOSELLINEN HAKEMISTO MÄÄRITELMISTÄ

	sivu
Aikaväli	10
Ajoaika	10
Ajokaista	6
ensimmäinen ajokaista	6
keskimmäinen ajokaista	7
linja-autokaista	7
oikea ajokaista	6
oikea ryhmittymiskaista	7
reunakaista	6
toinen ajokaista, kolmas ajokais- ta jne.	7
ulkokaista	6
vaihtuvasuuntainen ajokaista	7
vasen ajokaista	7
vasen ryhmittymiskaista	7
Ajoneuvo	9
vapaasti liikkuva	9
raskas	10
Ajoneuvoryhmä	14
Ajoneuvoväli	10
Ajoratamerkinnot	9
Alavirta	14
Alue	14
asuntoalue	14
keskustan reuna-alue	14
Eritasoliittymä	7
Eritasoristeys	7
Erkaneminen	13
Henkilöauto	9
Henkilöautoekvivalentti	14
Henkilöautotie	5
Hidastuskaista	6
Huipputuntikerroin	13
Huipputuntiliikenne	13
Jakso	9
Kaistaerottaja	6
Kaistalukumäärä	6
Kaistaviiva	9
Kaksikaistainen tie	6
Kaksisuuntainen tie	5
Kanavointi	7
Kapenema	14
Keskikaista	6
Keskiviiva	9
Kiihdytyskaista	6
Kolmikaistainen tie	6
Kuorma-auto	9
Kuormituskerroin	13
Liikekeskusta	14
Liikenne	9

	sivu
Liikennemerkki	9
Liikennemäärä	13
keskimääräinen vuorokausilii- kenne	13
perusliikennemäärä	14
vuoden huipputuntiliikenne	13
vuoden 10., 20., 30., jne huippu- tuntiliikenne	13
vuoden keskimääräinen vuorokausi- liikenne	13
yhteisliikennemäärä	13
Liikennesaareke	6
Liikennetiheys	13
keskimääräinen liikennetiheys ...	13
kriittinen liikennetiheys	13
Liikennevalo	9
aikaohjattu	9
jalankulkuohjattu	9
liikenneohjattu	9
osittain liikenneohjattu	9
täysin liikenneohjattu	9
Liikennevirta	13
katkaistu	13
katkaisematon	13
Liikenteenjakaja	6
Liikenteen ohjauslaite	9
Liikenteenvälityskyky	3
Liittyminen	13
Liittymisrajoitus	4
osittainen liittymisrajoitus	5
rajoittamattomat liityntämahdol- lisuudet	5
täydellinen liittymisrajoitus ...	5
Liittymä	7
kiertoliittymä	7
kolmihaarainen liittymä	7
monihaarainen liittymä	7
nelihaarainen liittymä	7
Liittymähaara	7
Linja-auto	10
Lisäkaista	6
Lähiökeskus	14
Lähtöhaara	7
Läpikulkukatu	5
Läpikulkutie	5
Maantie	4
Maasto-olosuhteet	8
jatkuva pituuskaltevuus	8
jyrkkä maasto	8
tasainen maasto	8
vaihteleva maasto	8
Matkavastus	13

	sivu
kohtaamisvastus	13
liikennevirtavastus	14
liittymävastus	13
sivuestevastus	13
Matkaväli	10
Moniajoratainen tie	6
Monikaistainen tie	6
Moottorikatu	5
Moottoritie	5
Määritelmiä	
liikenne	9
liikennöiminen	10
liikenteen ohjauslaitteet	9
maankäyttö	14
tieväylä	4
Nopeus	10
ajonopeus	10
häiriintymättömän liikennevirran	
käyttönopeus	10
keskimatkanopeus	10
keskimääräinen tien nopeus	10
keskimääräinen pistenopeus	10
käyttönopeus	10
matkanopeus	10
nopeuksien matkajakautuman keski-	
arvo	10
ohjenopeus	10
pistenopeus	10
Näkämä	8
ohitusnäkemä	8
pysähtymisnäkemä	8
Olosuhteet	8
ihanneolosuhteet	8
vallitsevat ajo-olosuhteet	3
Opaste	9
Paikalliskatu	5
Paikallistie	5

	sivu
Palvelutaso	4
Palvelutason välityskyky	4
Piennar	5
Poikkileikkauselementit	5
Poikkilaikkausmuoto	6
Progressiivinen järjestelmä	9
Pysäköintikaista	6
Päällysteen leveys	5
Pääkatu	5
Päätie	5
Rampin kärki	8
Ramppi	8
silmutta	8
suora ramppi	8
ulkoramppi	8
Redusoitu tuntiliikenne	13
Reunakivi	6
Reunaväli	5
Rinnakkaistie	5
Ryömintäkaista	6
Sekoittuminen	13
Sekoittumisalue	8
Suuntaiskäyttö	5
Toiminnallinen jako	5
Tulohaara	7
Vaihe	9
Vaiheosa	9
Viivytys	10
kiinteä viivytys	10
liikenteestä johtuva viivytys ...	10
Välikaista	6
Yksiajoratainen tie	6
Yksisuuntainen tie	5
Ylävirta	14

LUKU 3

LIIKENTEEN PERUSPIIRTEET

JOHDANTO

Tien¹ liikenteenvälityskyky osoittaa tien välittämän maksimiliikennemäärän. Liikenteenvälityskyky luonnollisesti riippuu huomattavasti tien rakenteellisista ominaisuuksista. Kuitenkin muutkin tien rakenteesta suoranaisesti riippumattomat tekijät ovat merkittäviä tien liikenteenvälityskykyä määritettäessä. Monet näistä tekijöistä määräytyvät liikennetarpeen vaihteluiden ja liikennevirrassa olevien ajoneuvojen vuorovaikutuksen perusteella. Tien välityskyky on siis sekä tien rakenteellisten ominaisuuksien että sillä liikuvan liikenteen toiminnallisten peruspiirteiden funktio.

Yleensä tien kokonaisliikennetarve ilmaistaan liikennemääränä, kun taas tien käyttäjälleen suoma liikennepalvelun taso riippuu ajomukavuudesta ja miellyttävyydestä, nopeudesta, matka-ajasta, ajamisen vapaudesta, turvallisuudesta ja kustannuksista. Yleisesti ottaen tien liikenteenvälityskyvyn määrittämisellä pyritään selvittämään, pystyykö tietty väylä välittämään ennustetut tai havaitut liikennemäärät hyväksyttävällä palvelutasolla.

Tässä luvussa käsitellään ensin liikennemäärää, joka on liikennetarpeen konkreettinen ilmaisu. Määrätyn tien liikennetarve on määrältään muuttuva ja monin tavoin vaihteleva suure. Vaikka tiellä voi olla vain yksi välityskyky (elleivät vallitsevat olosuhteet muutu) palvelee se käytännössä hyvinkin eri suuria liikennemääriä ajo-olosuhteiden vaihdellessa vastaavasti. Liikenteenvälityskyvyn määrittämisen ei täten tulisi olla vain selvitys siitä, voiko tie välittää tietyn valitun liikennemäärän hyväksyttävällä palvelutasolla, vaan on myös selvitetävä, voiko tie välittää esiintyvät vaihtelevat liikennemäärät hyväksyttävissä palvelutason vaihtelurajoissa. Liikennetarpeen vaihtelu ei itsessään aiheuta välityskyvyn vaihtelua, vaan sen tuloksena on tien palvelutason vaihtelu.

Seuraavaksi tässä luvussa käsitellään nopeustrendejä ja nopeuden vaihteluja niiltä osin kuin nopeus ja matka-aika vaikuttavat liikenteen palvelutason laatuun.

Luvun loppuosassa käsitellään nopeuden, liikennemäärän ja ajoneuvojen välisten etäisyyksien vuorovaikutuksia sekä niiden vaikutusta tien välityskykyyn.

HAVAITUT MAKSIMILIKENNEMÄÄRÄT

Taulukoissa 3.1. - 3.10. on esitetty Yhdysvalloissa vuonna 1961 eri teillä havaitut maksimiliikennemäärät, jotka on saatu osavaltioiden ja kaupunkien viranomaisilta tai muilta tieviranomaisilta. Tiet on luokiteltu leveyden, tyypin ja sijainnin (kaupunkialue tai maaseutu) mukaan. Kustakin luokasta on taulukoissa esitetty viisi korkeimman tuntiliikennemäärän omaavaa tietä, sikäli kuin tiedot olivat saatavissa. Joissakin ryhmissä esitetyt tiet valittiin huomattavan suuresta havaintomäärästä, mutta joissakin luokissa ei tietoja ollut käytettävissä viidestä väylästä, ja taulukoissa on esitetty vain muutamia teitä. Joissakin luokissa saattaa olla olemassa sellaisia teitä, joiden liikennemäärät ovat taulukossa esitettyjä korkeampia, mutta joista ei tietoja ollut saatavissa.

Kullekin taulukoissa esitetylle tielle ilmoitettu liikennemäärä on korkein tiedossa ollut tarkka liikennemäärä. Joissakin tapauksissa ilmoitettu tuntiliikenne todennäköisesti vastaa välityskykyä, mutta toisissa tapauksissa tuntiliikenne on välityskykyä pienempi korkein havaittu liikennemäärä. Joillakin teillä liikennetarve on todennäköisesti ollut niin suuri, että ilmoitettu liikennemäärä on esiintynyt tai jopa ylitetty monta kertaa. Tiettyissä tapauksissa taas ilmoitettu maksimiliikennemäärä on saattanut esiintyä vain kerran poikkeuksellisissa olosuhteissa, jolloin muulloin liikennemäärä ei ole ollut yhtä suuri tai edes lähes yhtä suuri kuin taulukossa ilmoitettu. On huomattava, että tietoja liikenteen koostumuksesta, pysäköintirajoituksista, pituuskaltevuuksista sekä muista liikenteenvälityskykyyn merkittävästi vaikuttavista tekijöistä ei ole ollut käytettävissä,

¹ Termiä "tie" käytetään tässä luvussa yleisessä merkityksessä siten, että se tarkoittaa kaikkia yleiselle ajoneuvoliikenteelle tarkoitettuja väyliä.

Taulukko 3.1 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT KAKSIKAISTAISILLA, KAKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KESKIM. LEVEYS m (ft)	LIIKENNEMÄÄRÄ (AJON./H)		MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK.LIIKENNE
		RASKAAMPI SUUNTA	MOLEMMAT SUUNNAT	
(a) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORIKADUT (TASOLIITTYMÄT)				
N.J. 208, Fairlawn, Bergen Co., N.J.	3.60 (12.0)	1,090	2,056	16,028
P.R. 21, San Juan, Puerto Rico	2.75 (9.1)	-	1,482	19,201
(b) MAASEUDUN MAANTIET				
Md. 5, Woods Corner, Prince Georges Co., Md.	3.60 (12.0)	1,099	1,871	18,825
Md. 26 (Liberty Road), Baltimore, Md.	3.00 (10.0)	1,224	1,777	21,500
U.S. 40, West of Denver, Colo.	3.60 (12.0)	-	1,760	5,950
Md. 3, Glen Burnie, Anne Arundel Co., Md.	3.60 (12.0)	855	1,680	22,275
Del. 141, New Bridge Rd., New Castle Co., Del.	3.60 (12.0)	963	1,605	15,935
(c) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
U.S. 95, Bonanza Road, Las Vegas, Nev.	3.60 (12.0)	-	2,297	20,064
U.S. 60, Washington St., Charleston, W.Va.	4.50 (15.0)	1,125	2,062	19,850
U.S. 27, Clinton St., Ft. Wayne, Ind.	3.00 (10.0)	1,063	2,024	20,041
Coldwater Canyon Dr., Los Angeles, Calif.	4.50 (15.0)	1,586	1,985	15,000
Rt. TT, Brown Road, St. Louis Co., Mo.	3.30 (11.0)	1,223	1,970	-
(d) SILLAT JA TUNNELIT				
Posey Tube, Oakland, Calif.	3.30 (11.0)	1,303	2,595	27,163
Lake St. Bridge, Minneapolis-St. Paul, Minn.	4.20 (14.0)	1,515	2,570	25,024
Broadway Ave. Bridge, Minneapolis-St. Paul, Minn.	4.20 (14.0)	1,498	2,373	17,956
C & O Bridge, Cincinnati, Ohio	3.90 (13.0)	1,397	2,281	31,088
Plymouth Ave. Bridge, Minneapolis-St. Paul, Minn.	4.50 (15.0)	1,182	2,262	14,062

Taulukko 3.2 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT KOLMIKAISTAISILLA, KAKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KESKIM. LEVEYS m (ft)	LIIKENNEMÄÄRÄ (AJON./H) RASKAAMPI SUUNTA	MOLEMMAT SUUNNAT	MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) MAASEUDUN MAANTIET				
U.S. 16, Fowlerville, Livingston Co., Mich.	3.00(10.0)	-	1,876	9,900
N.Y. 101, Nassau Co., N.Y.	3.00(10.0)	-	1,833	18,000
U.S. 302, 1 mi. E. of U.S. 2, Berlin, Vt.	3.00(10.0)	-	1,434	7,903
Rt. 99, Kamehameha Hwy., Haw.	3.00(10.0)	697	1,286	10,608
Wis. 38, S. Howell Ave., Milwaukee Co., Wis.	3.00(10.0)	817	1,260	-
(b) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
Wis. 20, Washington Ave., Racine, Wis.	3.30(11.0)	1,120	2,205	26,752
Wis. 100, Milwaukee Co., Wis.	3.00(10.0)	1,014	1,910	-
U.S. 11, N.E. of 4th Ave., Birmingham, Ala.	3.60(12.0)	1,377	1,812	18,850
U.S. 23, Washtenau Ave., Ann Arbor, Mich.	3.60(12.0)	1,120	1,723	18,000
Memorial Drive, Atlanta, Ga. ^a	3.20(10.6)	1,188	1,626	19,500
(c) SILLAT JA TUNNELIT				
Bay Street Viaduct, Savannah, Ga. ^a	3.00(10.0)	1,690	2,409	22,500
Rt. 37, Dower Twp., Ocean Co., N.J. ^b	2.85(9.5)	1,813	2,383	9,292
Douglas MacArthur Bridge, E. St. Louis, Ill.	3.00(10.0)	1,286	1,961	18,800
Los Alamos Canyon Bridge, Los Alamos, N.M. ^a	4.00(13.3)	-	1,942	8,500
Winooski River Bridge, U.S. 7, Burlington, Vt.	4.20(14.0)	-	1,862	17,049

^a Huipputunteina kaksi ajokaistaa on varattu raskaampaa liikennesuuntaa varten. Tuntiliikennemäärät ovat toispuolisen liikennevirran arvoja, vuorokausiliikenne kaikkien ajo-olosuhteiden summa.

^b Tietä käytetään kaksikaistaisena ja kaksisuuntaisena kesän huippuajankohtia lukuunottamatta. Tuntiliikennemäärät toispuolisen liikennevirran arvoja kahden ajokaistan ollessa käytössä toiseen suuntaan, vuorokausiliikenne kaikkien ajosuuntien summa.

Taulukko 3.3 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT NELIKAISTAISILLA,
KAKSISUUNTAISILLA^a TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN	KESKIM. LIIKENNEMÄÄRÄ		MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK.LIIKENNE
	KESKIM. LEVEYS m (ft)	(AJON./KAISTA) KEVYEMPI SUUNTA	RASKAAMPI SUUNTA	
(a) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORITIET				
U.S. 40 (Trk.), Red Feather Expressway, St. Louis, Mo.	3.60 (12.0)	862	2,030	-
No. Sacramento Freeway, Sacramento, Calif.	3.60 (12.0)	860	1,900	64,000
Eastshore Freeway, Oakland, Calif.	3.60 (12.0)	1,315	1,850	66,000
Atlanta Expressway (N.E. Section), Atlanta, Ga.	3.60 (12.0)	950	1,800	50,300
Conn. 15, E. of Silver Lane, Hartford, Conn.	3.60 (12.0)	-	1,794	36,000
(b) MAASEUDUN MOOTTORITIET				
Shirley Highway, Arlington, Va.	3.60 (12.0)	789	1,684	60,400
I-96, Grand River, Livingston Co., Mich.	3.60 (12.0)	214	1,518	15,200
Rt. 128, Circumferential Highway, Newton, Mass. ^b	3.60 (12.0)	1,070	1,435	38,259
New Hampshire Turnpike, Hampton, N.H.	3.60 (12.0)	224	1,144	12,706
I-94, 6 mi. W. of U.S. 24, Wayne Co., Mich.	3.60 (12.0)	258	1,112	24,263
(c) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORIKADUT (TASOLIITTYMÄT)				
Lake Shore Drive, S. of 57th Drive, Chicago, Ill.	3.60 (12.0)	445	2,236	75,000
N.J. 4, Paramus, N.J. ^c	3.00 (10.0)	1,438	1,498	62,480
Olentangy River Road, Columbus, Ohio	4.30 (14.4)	851	1,345	42,259
U.S. 6, West 6th Ave., Denver, Colo.	3.60 (12.0)	587	1,177	30,000
U.S. 6, N. of Denver, Colo.	3.60 (12.0)	432	1,107	26,300
(d) MAASEUDUN MAANTIET				
N.J. 3, Clifton, Passaic Co., N.J.	3.60 (12.0)	-	1,774	40,800
Rt. 90, Pearl City to Aiea, Haw.	3.30 (11.0)	739	1,289	37,728
U.S. 46, Ledgewood, N.J.	3.60 (12.0)	-	1,220	25,932
U.S. 75, W. of Galveston, Tex.	3.30 (11.0)	590	1,193	20,170
(e) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
Sepulveda Blvd., S. of Mulholland Dr., Los Angeles, Calif.	3.75 (12.5)	737	1,742	45,000
U.S. 12, Wayzata Blvd., Minneapolis, Minn.	4.20 (14.0)	420	1,431	32,145
Fla. 9, 27th Ave., N.W., Miami, Fla.	3.45 (11.5)	785	1,195	43,851
Charles St., Baltimore, Md.	2.95 (9.8)	379	1,174	-
Aurora Ave., Seattle, Wash.	3.30 (11.0)	294	1,152	35,758
(f) SILLAT JA TUNNELIT				
U.S. 99, Battery St. Subway, Seattle, Wash. ^c	3.75 (12.5)	314	2,189	49,500
American River Bridge, Sacramento, Calif.	3.30 (11.0)	695	1,850	64,000
Caldecott Tunnel Approach, Oakland, Calif. ^c	3.30 (11.0)	703	1,848	50,302
Lake Washington Bridge, Seattle, Wash. ^d	3.30 (11.0)	971	1,583	46,350
South Capitol St. Bridge, Washington, D.C.	3.45 (11.5)	1,120	1,542	53,411

^aKaksiajorataisia, ellei erikseen muuta mainittu.

^bPiennar käytössä kiihdytys- ja hidastuskaistana, liikennemäärä perustuu pääliikennesuunnan ajo-
kaistojen laskentaan.

^cKeskikaista puuttuu.

^dToispuolinen (3:1) liikennevirta.

mikä vaikeuttaa annettujen tietojen arvostelua.

Nämä havaitut maksimiliikennemäärät on esitetty pääasiassa siksi, että lukija saisi tuntuman eräillä raskaimmin kuormitetuilla väylillä esiintyneisiin todellisiin huippuliikennemääriin. Luvuilla on myös pyritty osoittamaan pintapuolisesti samantyyppisten teiden välityskykyjen vaihtelua, joka johtuu teillä todellisuudessa esiintyvistä fyysisten ominaisuuksien sekä liikenteen peruspiirteiden merkittävistä eroista. Välityskyvyn arvojen vaihtelun syyt selvitetään suurelta osin myöhemmin tietoja tarkemmin käsiteltäessä. Huomattava osa vaihtelusta jää kuitenkin edelleen selvittämättä ja edellyttää jatkotutkimuksia.

Taulukkoihin 3.1 ja 3.2 mukaan otetut kaksisuuntaiset, kaksi- ja kolmekaistaiset tiet valittiin molempien suuntien yhteenlasketun tuntiliikenteen perusteella. Raskaammin kuormitetun suunnan vastaavan ajanjakson korkein tuntiliikenne on kuitenkin esitetty taulukoissa eri sarakkeessa.

Taulukoissa 3.3 - 3.6 esitetyt kaksisuuntaiset, neljä- tai useampikaistaiset tiet valittiin raskaammin kuormitetun liikennöintisuunnan liikennemäärän perusteella. Vähemmän kuormitetun suunnan liikennemäärä vastaavana ajanjaksona on kuitenkin esitetty omassa sarakkeessaan. Taulukoissa 3.7 - 3.10 esitetyt yksisuuntaiset tiet valittiin huipputuntiliikenteen perusteella laskettuna ajoneuvojen keskimääräisenä lukumääränä kaistaa kohti.

LIKENNEMÄÄRIEN ERIKOISPIIRTEET

Liikennevirtojen alueellinen vaihtelu

Liikenteen jakautuminen eri väylille

Kuvassa 3.1 on esitetty päällystettyjen pääteiden jakautuminen keskimääräisten vuorokausiliikennemäärien mukaan Yhdysvalloissa joulukuussa 1962.

Taulukko 3.4 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIKENNEMÄÄRÄT VIISIKAISTAISILLA, KAKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KESKIM. LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIKENNEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA) KEVYEMPI SUUNTA	RASKAAMPI SUUNTA	MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
Russell St., at Gwynns Falls Bridge, Baltimore, Md. ^a	3.00 (10.0)	921	890	-
E. Marginal Way, Seattle, Wash. ^b	3.00 (10.0)	902	879	44,000
Fourth Ave. S., Seattle, Wash. ^b	3.00 (10.0)	433	510	38,000
(b) SILLAT JA TUNNELIT				
Hackensack River Bridge, Secaucus, Hudson Co., N.J. ^b	3.00 (10.0)	1,418	1,463	65,000
First Avenue S., (Duwamish River Bridge), Seattle, Wash. ^b	3.00 (10.0)	502	1,102	37,500

^a Raskaampaan suuntaan on pysyvästi varattu kolme ajokaistaa.

^b Keskimäinen ajokaista muodostaa huipputuntina kolmannen ajokaistan raskaaseen suuntaan.

Kuvan tietoihin sisältyviin tietyyypeihin kuului yhteensä 718.690 km (446.391 mi.) katuja ja teitä, joista 72.258 km (44.881 mi.) eli 10.1 % sijaitsi kaupunki- tai kauppala-alueilla ja 646.432 km (401.510 mi.) eli 89.9 % maaseutualueilla.

Liikennemääriä verrattaessa todetaan selvä ero maaseudulla ja kaupunkialueilla sijaitsevien teiden välillä. Puolella maaseudun tiekilometreistä liikennemäärät olivat alle 1.000 ajon./vrk ja 98 prosentilla teistä liikennemäärä oli alle 10.000 ajon./vrk. Kaupunki- tai kauppala-alueiden teillä taas yli puolella tiekilometreistä liikennemäärä oli yli 4.000 ajon./vrk ja noin neljäsosalla yli 10.000 ajon./vrk. Vaikka kaupunkialueiden teiden osuus on vain 10 % koko tiestöstä sijaitsee kaupunkialueilla 57.9 % tiekilometreistä, joiden liikennemäärä on suurempi kuin 10.000 ajon./vrk.

Liikenteen suuntajakautuma

Useimmilla kaksisuuntaisilla teillä vuoden keskimääräisen vuorokausiliikenteen on todettu olevan likimäärin sama kumpaankin suuntaan. Tämä pitää myös paikkansa useimpien vuorokausiliikennemäärien suhteen, mutta loma- ja viikonloppuliikenne saattavat tiettyinä päivinä aiheuttaa toispuolisen liikennevirran. Vuorokauden eri tunteina liikennemäärä saattaa kuitenkin olla huomattavasti korkeampi toiseen suuntaan. Tiedot kummankin liikennesuunnan kuormituksista liikenteen huippuaikoina ovat ensiarvoisen tärkeitä, koska toispuolinen liikennevirta saattaa vaikuttaa kriittisesti tien välityskykytarpeeseen ja siitä johtuen tien suunnitteluun ja toimintaan.

Taulukoissa 3.1 - 3.6 on esitetty kaupunkialueilla ja maaseudulla olevien teiden liikenteen tyypillisiä suuntajakautumia. Tietyissä yksityisissä pisteissä liikenteen suuntajakautuma vaihtelee huomattavasti ja ennen keskimääräisten arvojen käyttöä suunnittelussa on niiden soveltuvuus tutkitta-

Taulukko 3.5 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIKENNEMÄÄRÄT KUUSIKAISTAISILLA, KAKSISUUNTAISILLA TEILLÄ^a v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KESKIM. LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIKENNEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA) KEVYEMPI SUUNTA	RASKAAMPI SUUNTA	MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK. LIKENNE
(a) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORITIE				
Hollywood Freeway, at Highland, Los Angeles Calif.	3.60 (12.0)	1,253	2,190	130,000
Eisenhower (Congress) Expressway, Chicago, Ill.	3.60 (12.0)	1,567	2,163	103,000
John Lodge Expressway, at Elmhurst, Detroit, Mich.	3.60 (12.0)	1,360	2,071	139,297
Schylkill Expressway, Philadelphia, Pa.	3.60 (12.0)	1,370	2,015	113,291
Edsel Ford Expressway, at Russell-Rivard, Detroit, Mich.	3.60 (12.0)	-	1,925	132,554
(b) MAASEUDUN MOOTTORITIE				
U.S. 40, Delaware Mem. Br. Approach, Wil- mington, Del.	3.60 (12.0)	708	733	28,909
I-35, S. of Austin, Travis Co., Tex.	3.60 (12.0)	74	396	7,170
U.S. 66, N.E. of Ill. 83, DuPage Co., Ill.	3.60 (12.0)	277	376	18,000
(c) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORIKADUT (TASOLIITTYMÄT)				
U.S. 30 & 130, Pennsauken Twp., Camden Co., N.J.	3.00 (10.0)	703	1,340	69,114
Geo. M. Cohan Blvd., Providence, R.I.	3.00 (10.0)	875	1,331	55,900
Penrose Avenue, Philadelphia, Pa.	3.60 (12.0)	783	1,132	48,300
U.S. 99, S.W. Harbor Drive, Portland, Ore.	3.60 (12.0)	680	1,115	49,917
U.S. 1 & 401, Downtown Blvd., Raleigh, N.C.	3.30 (11.0)	440	847	32,500
(d) MAASEUDUN MAANTIE				
U.S. 46, Clifton, Passaic Co., N.J.	3.60 (12.0)	-	1,998	78,000
Rt. 90, Pearl Harbor Spur to Middle St., Hono- lulu, Haw.	3.30 (11.0)	411	995	37,671
U.S. 13-40, Farnhurst, Del.	4.20 (14.0)	806	989	60,000
U.S. 91-466, S. of Las Vegas, Nev.	3.20 (10.6)	372	683	35,888
(e) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
Aleman Blvd., San Francisco, Calif.	3.10 (10.3)	303	1,261	44,985
Elliot Avenue, Seattle, Wash.	3.30 (11.0)	393	1,155	43,500
Mich. 102, Base Line Road, Detroit, Mich.	3.60 (12.0)	763	1,060	59,000
Ala Moana, Honolulu, Haw.	3.30 (11.0)	553	1,035	47,640
Riverside Drive, Los Angeles, Calif.	3.50 (11.7)	431	991	53,000
(f) SILLAT JA TUNNELIT				
Aurora Ave. Bridge, Seattle, Wash. ^{b c}	2.85 (9.5)	1,117	1,876	82,500
Memorial Bridge, Washington, D.C. ^{b c}	2.80 (9.3)	1,188	1,722	68,590
Central Artery Tunnel, Boston, Mass. ^d	3.60 (12.0)	1,226	1,685	75,462
San Fran.-Oakland Bay Bridge, Calif. ^d	2.90 (9.7)	1,171	1,533	-
Lincoln Tunnel, New York, N.Y. ^b	3.25 (10.8)	1,230	1,134	75,967

^a Kaksi- tai useampiajorataisia ellei erikseen muuta mainittu.

^b Huipputunteina neljä ajokaistaa on varattu raskaampaa liikennesuuntaa varten. Tuntiliikennemäärät ovat toispuolisen liikennevirran arvoja, vuorokausiliikenne molempien ajosuuntien summa.

^c Keskikaista puuttuu

^d Ylempi ajorata

Taulukko 3.6 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIKENNEMÄÄRÄT KAHDEKSENKAISTAISILLA, KAKSISUUNTAISILLA TEILLÄ^a v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KESKIM. LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIKENNEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA) KEVYEMPI SUUNTA	RASKAAMPI SUUNTA	MOLEMPIEN SUUNTIEN KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORITIE				
Eisenhower Expressway, W. of Austin, Chicago, Ill.	3.60 (12.0)	1,445	2,155	164,000
Harbor Freeway, Los Angeles, Calif.	3.60 (12.0)	1,145	1,888	171,200
Hollywood Freeway, Los Angeles, Calif.	3.60 (12.0)	1,138	1,838	204,000
Pasadena Freeway, Los Angeles, Calif.	3.30 (11.0)	1,400	1,825	115,200
Bayshore Freeway, San Francisco, Calif.	3.60 (12.0)	1,538	1,798	137,000
(b) KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORIKADUT (TASOLIITTYMÄT)				
Lake Shore Drive, N. of LaSalle, Chicago, Ill. ^b	3.30 (11.0)	695	1,513	140,000
Rt. 92, Nimitz Highway, Honolulu, Haw.	3.60 (12.0)	257	864	52,226
(c) SILLAT JA TUNNELIT				
Santa Ana Freeway Bridge over Los Angeles River, Los Angeles, Calif.	3.60 (12.0)	1,412	1,725	189,000
George Washington Bridge, New York, N.Y.	3.25 (10.8)	1,179	1,554	106,247
(d) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT				
Wis. 190, W. Capitol Drive, Milwaukee, Wis.	2.70 (9.0)	417	693	47,954

^a Kaksi- tai useampiajorataisia

^b Huipputunteina on kuusi ajokaistaa varattu raskaampaa liikennesuuntaa varten. Tuntiliikennemäärät ovat toispuolisen liikennevirran arvoja, vuorokausiliikenne molempien ajosuuntien summa.

Taulukko 3.7 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIKENNEMÄÄRÄT KAKSIKAISTAISILLA, YKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KES- KIMÄÄRÄINEN LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIKENNE- MÄÄRÄ (AJON./KAISTA)	KESKIM. VRK.LII- KENNE
(a) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT			
Roosevelt Way N.E., Seattle, Wash.	3.75 (12.5)	1,238	15,500 ^a
Second Street, Tulsa, Okla.	3.90 (13.0)	967	12,036
U.S. 410, Main Street, Lewiston, Idaho	3.60 (12.0)	585	11,100
(b) SILLAT JA TUNNELIT			
L & N Bridge, Cincinnati, Ohio ^b	2.90 (9.6)	1,276	21,749
Marion Street Bridge, Salem, Ore.	3.60 (12.0)	672	10,500

^a Arkipäivä

^b Käytetään kaksikaistaisena ja yksisuuntaisena huipputunteina. Tuntiliikennemäärä on yksisuuntaisen liikenteen arvo, vuorokausiliikenne molempien ajosuuntien summa.

Taulukko 3.8 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT KOLMIKAISTAISILLA,
YKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KES- KIMÄÄRÄINEN LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIIKEN- NEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA)	KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT			
Fourth Avenue, Nashville, Tenn.	3.30 (11.0)	1,052	14,626
19th Avenue, Los Angeles, Calif.	3.30 (11.0)	849	18,000
11th Avenue, N.E., Seattle, Wash.	3.00 (10.0)	834	15,000
Western Avenue, Seattle, Wash.	3.00 (10.0)	658	12,100
Second Avenue, Spokane, Wash.	3.60 (12.0)	646	21,000
(b) SILLAT JA TUNNELIT			
Fourteenth St. Bridge (Southbound), Washing- ton, D.C.	4.00 (13.3)	1,856	59,353
Martin Pena Bridge, P.R. 1, San Juan, P.R.	3.15 (10.5)	1,040	24,746

Taulukko 3.9 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT NELIKAISTAISILLA,
YKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

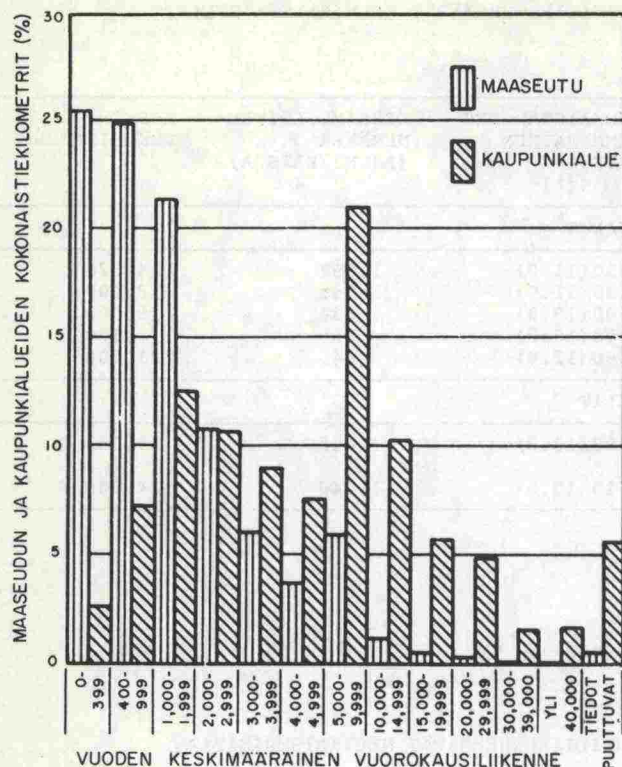
TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KES- KIMÄÄRÄINEN LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIIKEN- NEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA)	KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT			
Oak St., San Francisco, Calif.	3.20 (10.7)	958	18,910
Fell St., San Francisco, Calif.	3.00 (10.0)	816	19,284
12th St., Sacramento, Calif.	3.30 (11.0)	750	63,600
Saginaw St., Lansing, Mich.	3.30 (11.0)	714	17,000
Michigan Avenue, Chicago, Ill.	3.60 (12.0)	653	24,000
(b) SILLAT JA TUNNELIT			
Spokane St. Bridge, Seattle, Wash.	3.15 (10.5)	1,402	56,000 ^b
Fourteenth St. Bridge (Northbound), Washing- ton, D.C.	3.60 (12.0)	1,335	57,861

^a Katuparin toinen puoli, tuntiliikennemäärä koskee vain tätä puolta, vuorokausiliikenne molempia puolia.

^b Arkipäivä.

Taulukko 3.10 KORKEIMMAT YHDYSVALLOISSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT VIISIKAISTAISILLA,
YKSISUUNTAISILLA TEILLÄ v. 1961

TIEN NIMI JA SIJAINTI	AJOKAISTAN KES- KIMÄÄRÄINEN LEVEYS m (ft)	KESKIM. LIIKEN- NEMÄÄRÄ (AJON./KAISTA)	KESKIM. VRK.LIIKENNE
(a) KAUPUNKIEN PÄÄKADUT			
King Street, Honolulu, Haw.	3.00 (10.0)	619	30,000
Jefferson St., Phoenix, Ariz.	3.00 (10.0)	477	21,664



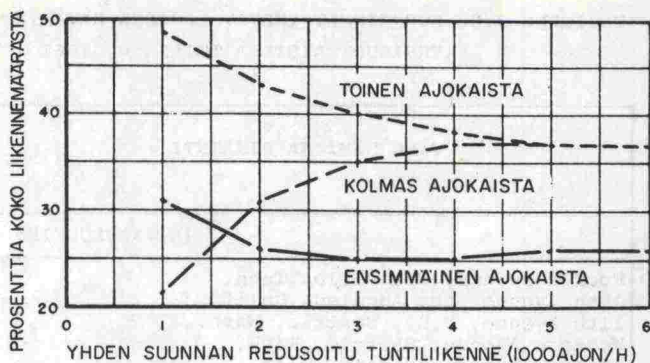
Kuva 3.1.
Valtakunnalliseen päättieverkkoon kuuluvien, kes-
topäällystettyjen teiden jakautuminen eri liik-
kenmääräryhmiin v. 1962. (1, 1962, taulukko SM-15)

va. Yksityisen tie- tai katuosuuden eri kohdissa-
kin saattavat liikenteen erilaiset peruspiirteet
sekä liikennemäärien kasvu ja väheneminen liitty-
mäkohdissa aiheuttaa huomattavia vaihteluja väylän
liikenteen suuntajakautumassa.

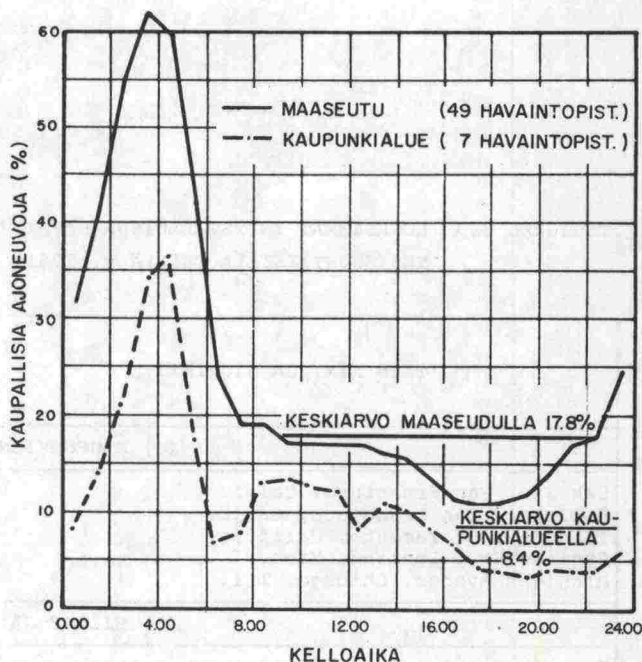
Liikenteen kaistajakautuma

Kun tietyn suuntaisen liikennevirran käytössä on
kaksi tai useampia ajokaistoja, kutakin kaistaa
käyttävien ajoneuvojen lukumäärä saattaa vaihdel-
la huomattavasti. Määrätysuuntaisen liikennevir-
ran jakautuminen eri kaistoille riippuu useista
tekijöistä, kuten esim. liikennemäärästä, kohtaa-
mis- ja sivustevastuksesta, hitaasti liikkuvien
ajoneuvojen osuudesta liikennevirrassa sekä liit-
tymien lukumäärästä ja sijainnista. Liikennöijien
lähtö- ja määräpaikat määräävät ajoneuvojen jakau-
tuminen eri kaistoille pääasiassa liittymis-
ja erkanemispisteiden lähellä. Näiden ja muiden
liikennevirrasta johtuvien häiriöiden lisäksi lii-
kenteen kaistajakautumaan vaikuttaa pääasiassa no-
peuden ja liikennemäärien vaihtelu.

Kuva 3.2 osoittaa toisen suunnan liikenteen jakau-
tuminen eri kaistoille 6-kaistaisilla moottoriteil-
lä liikennemäärästä riippuen. Luvussa 8, "Rampit",
on liikenteen kaistajakautumaa eri olosuhteissa
käsitelty yksityiskohtaisesti.



Kuva 3.2.
Liikennemäärän vaikutus eri ajokaistojen käyttöön
kuusikaistaisella tiellä. (21)

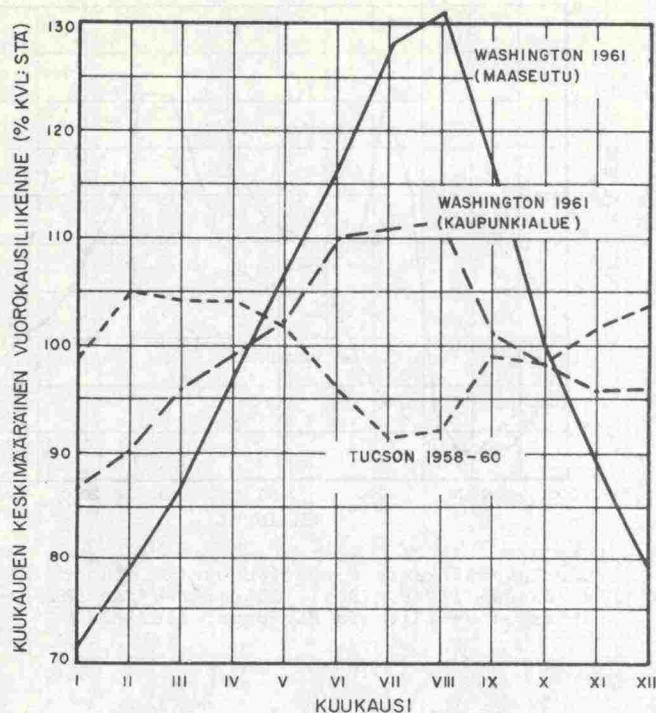


Kuva 3.3.
Liikenteen ajoneuvokoostumus eri vuorokaudenai-
koina Wisconsinin tiellä arkipäivisin v. 1961.
(9)

Liikenteen ajoneuvokoostumus

Erityyppisten ajoneuvojen suhteelliset osuudet lii-
kennevirrasta vaihtelevat. Kuorma- ja linja-auto-
jen osuus liikennevirrasta vaikuttaa merkittävästi
liikenteen nopeuteen ja muihin ajo-ominaisuuksiin.

Yhdysvalloissa vuonna 1962 rekisteröidystä
79.022.916 moottoriajoneuvosta 83.4 % oli henkilö-
autoja, 16.2 % kuorma-autoja ja 0.4 % linja-autoja
(1). Kunkin ajoneuvotyyppin käytöstavasta riippuen
niiden osuus jonkin määrätyn tien liikennevirrasta
tiettyinä ajankohtana saattaa vaihdella huomattavas-
ti. Kuvassa 3.3 on esimerkkinä osoitettu kaup-
allisten ajoneuvojen prosenttiosuus kokonaistunti-
liikennemäärästä normaalin arkipäivän eri tuntei-
na Wisconsinissa vuonna 1961.



Kuva 3.4.
Esimerkkejä liikennemäärien vaihtelusta eri kuukausina. (Lähteet: Washingtonin osavaltion tievirasto, Tucsonin kaupunkiseudun liikennetutkimus)

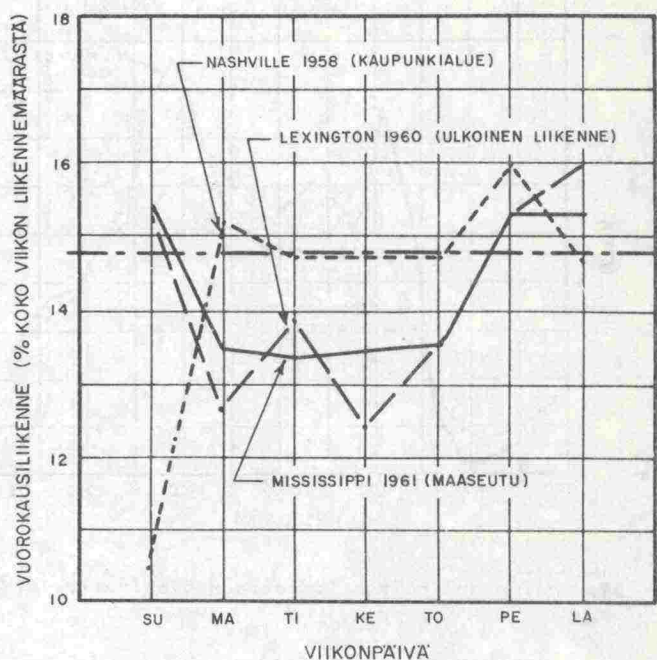
Liikennevirran ajalliset vaihtelut

Viime vuosikymmenten aikana on ajoneuvojen kokonaisajosuorite osoittanut jatkuvaa vuotuista kasvua lamakautta (1932-1933) ja sotavuosia (1942-1944) lukuunottamatta. Vuodesta 1950 lähtien on suoritteen vuotuinen kasvu ollut n. 4.6 % (1).

Moottoriajoneuvoliikenteen vuotuisessa kasvussa esiintyy tiettyä aikaan sidottua periodista vaihtelua. Merkittävin vaihtelu ilmenee eri vuodenaikojen, viikonpäivien sekä vuorokauden eri aikojen liikennemäärissä. Huipputunnin sisäistä liikennemäärän vaihtelua tulisi myös tutkia, joskin vaihtelun luonteesta ja toistumismuodoista on verraten vähän tietoja käytettävissä. Koska liikennemäärien vaihtelu vaikuttaa merkittävästi sekä liikennelaskentoihin että välityskyvyn määrittämiseen, on vaihtelun yleiset suuntaviivat esitetty käsikirjassa kuvin ja tekstissä.

Kausivaihtelu

Tien liikennemäärien vaihtelu eri vuodenaikoina riippuu läheisesti liikennetarpeeseen vaikuttavista taloudellisista ja sosiaalisista tekijöistä. Kuvassa 3.4 on esitetty eräitä vaihtelumuuotojen kuvaajia. Kesälomaliikenteen aiheuttama maanteiden liikennemäärien vaihtelutyyppi perustuu vuonna 1961 kymmenestä Washingtonin osavaltiossa sijaitsevasta pysyvästä laskentapistestä saatuihin tietoihin. Kaupunkiseutujen liikenteen vuodenaik-

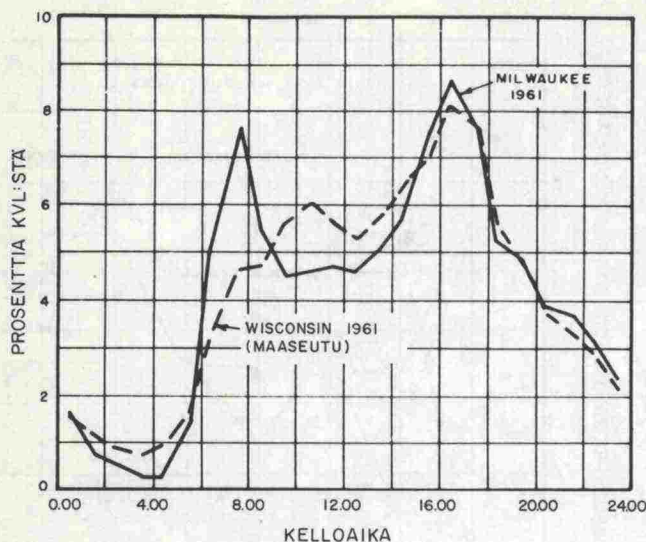


Kuva 3.5.
Esimerkkejä liikennemäärien vaihtelusta eri viikonpäivinä. (Lähteet: Mississippi osavaltion tievirasto, Nashvillen kaupunkiseudun liikennetutkimus, Lexington - Lafayetten alueen liikennetutkimus)

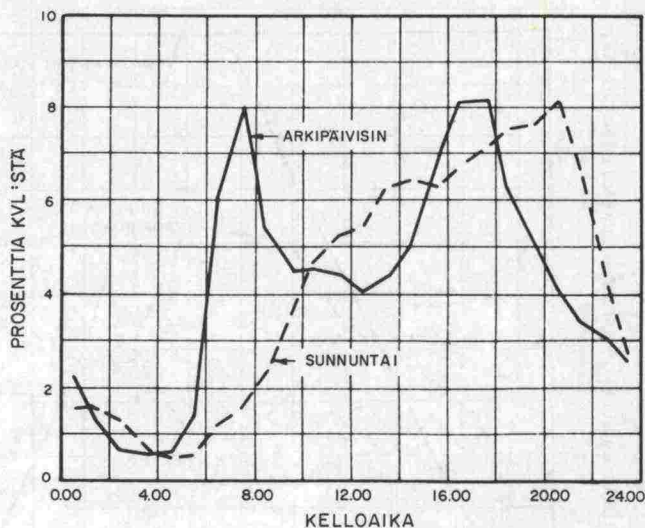
kavaihtelu on huomattavasti vähäisempää kuin maaseudulla kuten ilmenee Washingtonin osavaltion kuuden kaupunkialueella olevan laskentapisteen sekä Tucsonin kaupungin viiden vuoden laskennasta määritellyn kolmivuotisjakson (1958-1960) keskimääräisistä liikennemääristä. Kuvasta 3.4 ilmenee myöskin ilmastollisten tekijöiden vaikutus liikenteen vuodenaikavaihteluun, jos verrataan em. kahta kaupunkialueiden liikenteen vaihtelukäyrää. On huomattava, että kaikilla esitetyillä teillä toukokuun ja lokakuun liikennemäärät ovat lähellä vuoden keskiarvoa.

Viikonpäivävaihtelut

Kuvassa 3.5 on esitetty liikennemäärien vaihtelu eri viikonpäivinä kolmella erilaisella alueella: Nashvillen kaupunkiseudulla, Lexingtonin kaupungin reuna-alueilla sekä Mississippin osavaltion maanteilla. Vaikka eri pisteiden tiedot poikkeavat toisistaan huomattavasti, voidaan kuvasta havaita joitakin yleisiä peruspiirteitä. Kaupunkialueiden kaduilla ja teillä liikennemäärät ovat verraten samansuuruisia maanantaista perjantaihin ja sunnuntain liikennemäärä on varsin pieni. Maaseudulla sijaitsevilla maanteilla tilanne on aivan päinvastainen. Suurimmat vuorokausiliikennemäärät esiintyvät kesäsunnuntaisin ja lomapäivinä. Eri havaintopisteissä saattaa liikenteen vaihtelumoto kuitenkin poiketa huomattavasti jokaisesta edellä esitetystä kuvaajasta.



Kuva 3.6. Normaalien arkipäivän liikenteen tuntivaihtelu. (9)



Kuva 3.7. Vuorokausiliikenteen tuntivaihtelu Calumet Expressway'llä v. 1961. (Lähde: Traffic Characteristics on Illinois Highways, 1961)

Tuntivaihtelut

Eri väylien tuntiliikennemäärät vaihtelevat huomattavasti, minkä lisäksi ne saattavat vaihdella eri viikonpäivinä ja kuukausina samallakin väylällä. Koska huipputuntiliikennemäärät ovat kuitenkin merkittävimpiä teiden suunnitteluun ja toimintakykyyn vaikuttavia tekijöitä, käsitellään seuraavassa eräitä tyypillisimpiä liikenteen tuntivaihtelumuotoja.

Kuvassa 3.6 on esitetty liikennemäärien tuntivaihtelut normaalina vuoden 1961 arkipäivänä Wisconsinin päätieverkossa olevien 49 laskentapisteen perusteella sekä Milwaukeeen kaupunkiseudulla olevan 34 laskentapisteen perusteella. Vaihtelukäyristä voidaan todeta yksi yhteinen piirre: liikenteen keskittyminen päiväsaikaan. Noin 70-75 % vuorokauden liikenteestä tapahtuu kello 7.00 ja 19.00 välisenä 12 tunnin jaksena. Milwaukeeen laskentapisteissä havaitaan päiväsaikana kaksi selvää huippuliikennekohtaa, jotka johtuvat päivittäin toistuvasta liikkumisesta kotoa työpaikkoihin, asiointipaikkoihin ja ostoksille sekä kotiinpaluusta. Maaseudun laskentapisteillä on havaittu yksi selvä huippukohta iltapäivällä. Suurimmat liikennemäärät ja niiden kesto aika vaihtelivat huomattavasti eri väylillä ja kyseisen kaupunkiseudun eri osissa. Vuodenajasta johtuvat tekijät sekä erityiset liikennettä synnyttävät pisteet saattavat aiheuttaa huomattavaa liikennemäärien vaihtelua joillakin väylillä.

Kuvassa 3.7 on esitetty kaksi elokuussa 1961 havaitun liikenteen tuntivaihtelun kuvaajaa Calumet Expressway'llä, joka on Chicagon eteläpuolisella esikaupunkialueella sijaitseva kaupunkiin nähden säteittäinen moottoritie, joka laskentakohdassa on nelikaistainen. Kuvasta ilmenee, että arkipäivien ja sunnuntain liikenteen jakautumat ovat huomattavan erilaiset. Arkipäivien liikenteen jakaamaa

hallitsee keskikaupungille suuntautuva ja sieltä poistuva liikenne, kun taas sunnuntailiikenne oletettavasti kuvaa huvimatkoja.

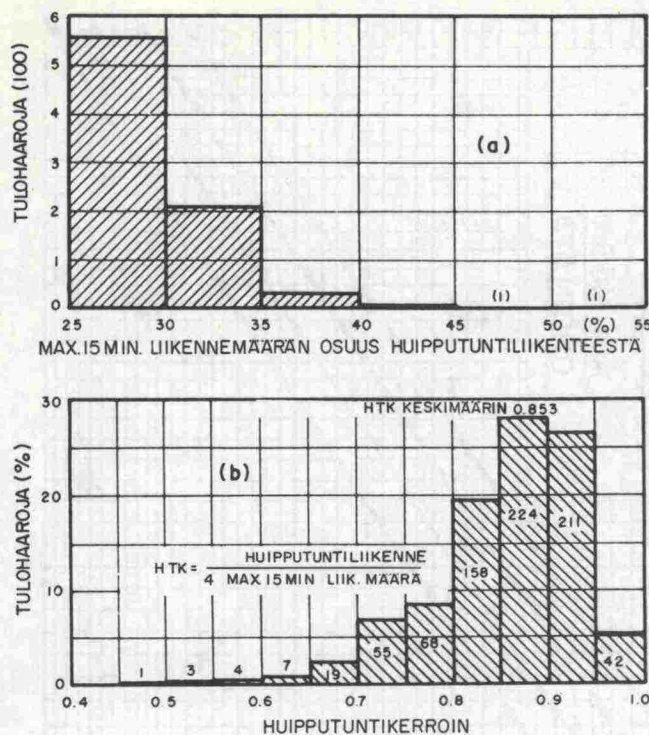
Edellä käsiteltiin tutkittujen teiden molempiin suuntiin laskettuja kokonaisliikennemääriä. Jos liikennesuuntia tarkastellaan erikseen, on liikennemäärän kuvaajassa yleensä yksi huippukohta, joka on selvempi kuin molempien suuntien kokonaisliikenteestä laskettu huippu.

Huipputunnin sisäinen liikenteenvaihtelu

Ennenkuin tuntiliikennemäärien merkitystä teiden suunnittelua ja toimintaa määrävänä tekijänä käsitellään yksityiskohtaisesti, selvitetään seuraavassa liikennevirran lyhytaikaisia vaihteluja tuntia lyhyempänä aikana. Vaikka tuntiliikennemääriä käytetäänkin normaalisti tien suunnittelussa, tien tyydyttävä tuntiliikenteen välityskyky riippuu ensi sijassa näiden lyhytaikaisten vaihteluiden suuruudesta ja toistumisjaksosta.

Riippumatta tien suunnittelussa ja toimintakyvyn selvityksissä käytetyistä perusteista, on tunnettava sekä liikennetarpeen numeerinen arvo että sen luonne. Huipputuntiliikenteestä ei voida päätellä, esiintyykö kyseinen liikennemäärä tuntia lyhyempänä, pitempänä tai suunnilleen tunnin mittaisena ajanjaksona, sillä huipputuntiliikenne on pelkästään arvio väylällä odotettavasta korkeimmasta yhden tunnin liikennemäärästä. Huipputunnin liikennetarpeen sekä liikenteen tilastollisesti vaihtelevasta luonteesta johtuen saattavat lyhytaikaisten havaintojen perusteella lasketut redusoidut tuntiliikenteet vaihdella usein varsin huomattavasti.

Liikennemäärien tilastollinen vaihtelu riippuu käytetystä ajanjaksosta. Tarkasteluajanjaksoa lyhennettäessä kyseistä ajankohtaa vastaava ajoneuvo-

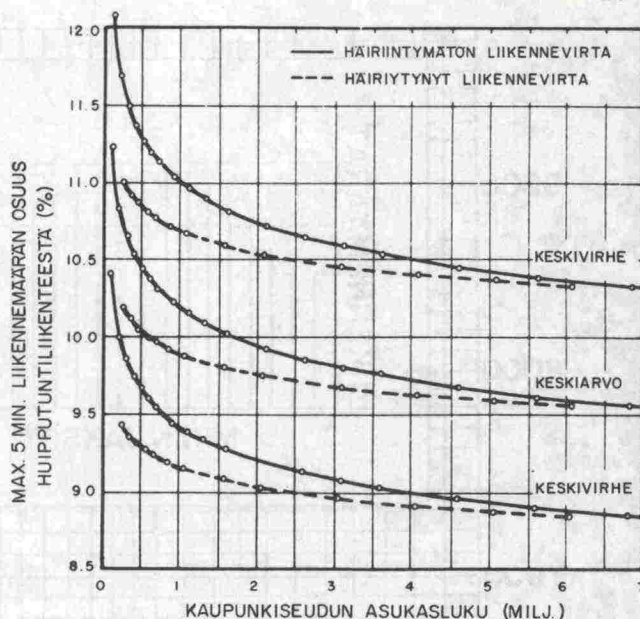


Kuva 3.8. Korkeimman 15-min. liikennemäärän (a) ja 15 huippu-minuutin perusteella lasketun huipputuntikertoimen jakautuma 792 valo-ohjatussa liittymässä (b). (Lähde: BPR:n tutkimukset v. 1955-56 ja 2)

jen keskilukumäärä pienenee vastaavasti. Jos keskimääräinen tuntiliikenne on esim. 1800 ajon./h, olisi minuutin liikennemäärä 30 ajon. ja sekunnin keskimääräinen liikennemäärä 0,5 ajon. tuntiliikenteen perusteella laskettuna. Pienten keskimääräisten lukuarvojen vaihtelu keskiarvosta prosenttisesti laskettuna on suurempi kuin suurten keskimääräisten arvojen. Tilastollisten luotettavuus-rajoiden lähentyminen keskiarvon suuretessa ei ole tyypillistä ainoastaan Poissonjakautumalle, jolla voidaan kuvata pienten liikennemäärien jakaumaa hyvin, vaan myös useille muille jakautumatyypeille, joita käytetään erilaisia todellisia liikennejakautumia arvioitaessa. Sama ilmiö ilmenee myös normaali-jakaumassa, joskin sitä vain harvoin käytetään esimerkkinä nykyisen liikenteen jakautumasta. Vaikka tietyn huipputunnin todellinen liikennemäärä pysyisi muuttumattomana lyhyen huipputunnin sisäisen ajanjakson, liikennemäärä ylittää keskiarvonsa tietyllä prosentilla todennäköisemmin kuin koko tunnin liikennemäärä.

Suunnittelun perustaksi ennustetaan yleensä tulevaisuuden huipputuntiliikenteen määrä. Tämän liikennemäärän ja ohjeellisen redusoidun tuntiliikenteen välisen riippuvuuden laskemiseksi on niiden suhteeseen vaikuttavien tekijöiden luonne ja lukuarvot määritettävä.

Erityisesti moottoriteitä, tunneleita ja liittymiä suunniteltaessa on tätä liikenteen huippuhetkien ja koko huipputunnin liikennemäärän välistä suhdetta usein pyritty selvittämään. Muiden kuin huipputunnin sisäiset liikennemäärien vaihtelut



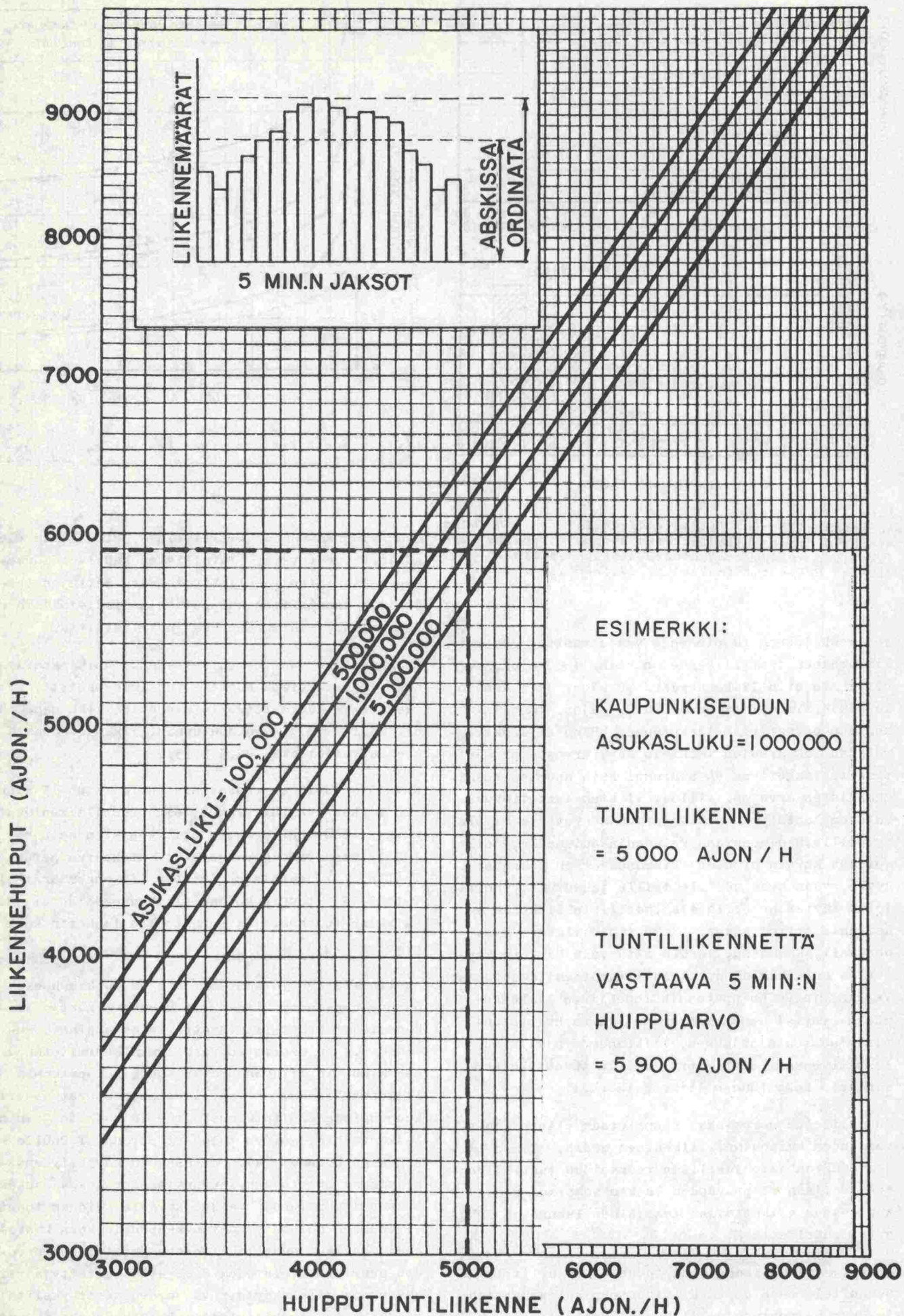
Kuva 3.9. Liikenteen huippuuntuminen kaupunkiseudun asukasluvusta ja liikennevirran laadusta riippuen. (4)

ovat yleensä vähemmän kriittisiä, eikä niitä yleensä tarvitse tutkia. Tavallisten kaksi- tai useampikaistaisten tasoliittymien varustettujen teiden liikennemäärien huipputunnin sisäisiä vaihteluja ei ole tähän mennessä juuri tutkittu.

Michiganissa suoritettu seitsemää monikaistaista erityyppistä tietä koskeva tutkimus osoitti, että raskaimmin kuormitetun 15 minuutin liikennemäärä oli 26.1 - 30.7 % huipputunnin liikennemäärästä keskiarvon ollessa 28.5 % (3).

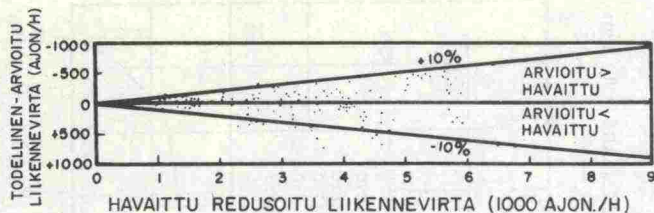
Kuva 3.8 osoittaa raskaimmin kuormitetun 15 minuutin liikennemäärät prosentteina tuntiliikenteestä. Kuvan tiedot on laskettu erityyppisten katujen 792 liikennevaloin varustetun tulohaaran perusteella. Viidentoista minuutin liikennemäärät olivat 25-55 % tunnin kokonaisliikennemäärästä, ja kaikkien tulohaarojen perusteella laskettu keskiarvo oli 29.3 %.

Moottoriteiden ja moottorikatujen tutkimuksessa on usein pidetty viiden tai kuuden minuutin liikennemääriä tuntiliikennettä kuvaavampina. Kuvassa 3.9 on osoitettu raskaimmin kuormitetun viiden minuutin liikennemäärän suhde huipputunnin liikennemäärään. Kuvan tiedot perustuvat 54 eri kaupungissa 225 tutkimuskohteessa suoritettuihin laskentoihin, joiden tulokset Bureau of Public Roads on koonnut (4). Kuvassa on käytetty ensisijaisena muuttujana kaupunkiseudun kokoa asukaslukuna ilmaistuna. Vaikka kuvasta voidaan todeta liikenteen huipun alenevan kaupungin koon kasvessa, keskihajonnasta ilmenevä yksityisten arvojen suuri vaihtelu osoittaa, että esitettyjä riippuvuuksia olisi käytettävä varovaisesti yksittäisiä kohteita tutkittaessa. Liikenteen huippuuntumisen aleneminen sellaisilla teillä, joilla liikenteen on ilmoitettu olevan huipputuntina häiriin-



Kuva 3.10.

Korkeimman 5-min. perusteella lasketun redusoidun tuntiliikenteen määrittäminen koko huipputuntiliikenteen avulla. (5)



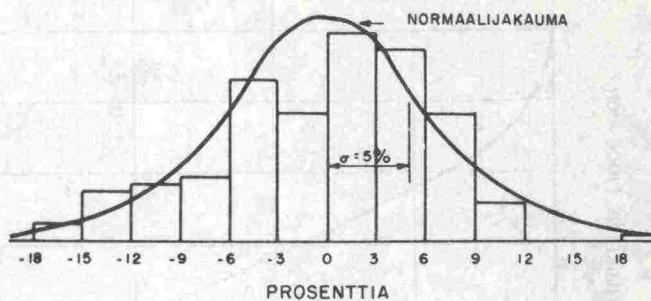
Kuva 3.11. Arvioitujen liikennevirran virheen riippuvuus havaitusta liikennevirrasta. (5)

tynyt, osoittaa ruuhkien tasoittavan liikenteen huippuja.

Eräässä toisessa tutkimuksessa käytettiin yli 200 moottoritien liikennetutkimuksen tietoja (mm. Texas Highway Department'in, em. Bureau of Public Roads'in ja Texas Transportation Institute'n tutkimuksia) sekä erillisiä ko. tutkimusta varten laadittuja selvityksiä (5), joiden perusteella lyhytaikaisten (5 min.) liikennemäärien ja tuntiliikenteen väliset riippuvuudet määritettiin.

Kaikkien liikenteen huippuuntumiseen todennäköisesti vaikuttavien tekijöiden selvittäminen ei kuitenkaan ollut tässäkin tutkimuksessa mahdollista. Esim. moottoritien käyttö- tai kuormitusaste riippuu joissakin tapauksissa moottoritiehen liittyvien alempiluoikkaisten väylien liikenteenvälityskyvystä ja toimintakyvystä, jotka joskus saattavat vaikeuttaa myös moottoritieltä poistuvan liikenteen sujuvuutta aiheuttaen täten moottoritien toimintakyvyn alenemisen. Tutkimuksessa ei ollut käytettävissä riittävästi tietoja näiden tekijöiden selvittämiseksi lukuunottamatta Texasissa ja muutamassa muussa kohteessa olevia moottoriteitä. Ruuhkautumia ei kuitenkaan ilmennyt minäkään tutkimuskohteen välittömässä läheisyydessä. Tutkimustulosten korrelaatiot olisivat mahdollisesti olleet paljon korkeampia, jos kaikki liikennemääriin vaikuttavat olosuhteet olisi tunnettu. Ne moottoritiet, joilla liikenteen pääsy tielle ja poistuminen siltä oli tunnetusti helppoa, korreloivat tutkimustulosten kanssa varsin hyvin.

Monet matkatuotoksesta riippuvat seikat, kuten matkojen maantieteellinen tai ajallinen keskittyminen, moottoritien luonne (säteittäinen, kehämäinen jne), alempiasteisen tieverkon luonne, väestömäärä sekä palveltava alue vaikuttavat merkittävästi liikennehuippuihin. Kuitenkin esim. Bureau of Public Roads'in tutkimuksen materiaalista voitiin tutkia ainoastaan huippuuntumisen ja kaupungin tai kaupunkiseudun väkiluvun välistä riippuvuutta. Kuvassa 3.10 esitetyt tulokset perustuvat 18 eri osavaltion 31 kaupungissa tehtyihin tutkimuksiin, joita suoritettiin yhteensä 132 huipputunnin aikana. Käytetyt muuttujat ovat tilastollisesti merkitseviä ja tutkimustulokset muodostivat esitetyt kuvaajat keskihajonnan ollessa 5 %. Tulokset ovat myös kohtalaisen yhtäpitäviä kuvan 3.9 tulosten kanssa.



Kuva 3.12. Arvioitujen ja havaitun liikennevirran prosentti-virheen frekvenssijakauma. (5)

Kuva 3.11 esittää arvioitujen ja havaittujen liikennevirtojen välistä riippuvuutta, minkä lisäksi kuvaan on piirretty 10 prosentin virherajat, joiden sisäpuolella suurin osa tuloksista on. Kuvassa 3.12 on esitetty prosenttisten virheiden frekvenssijakauma, joka saatiin arvioitaessa huippuliikennevirtoja kuvan 3.10 avulla. Voidaan todeta, että virheet ovat suunnilleen normaalijakauman mukaisia.

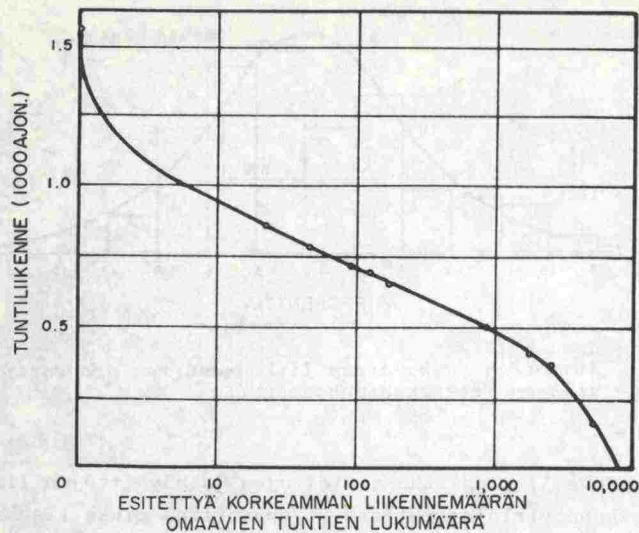
Vuoden keskimääraisten ja korkeimpien tuntiliikennemäärien suhde

Edellä on todettu, että liikenteen normaalit käyttäytymismuodot aiheuttavat sekä ajallisia että paikallisia liikenteen huippuja. Koska liikennevirran vaihtelu vastaa matkustushalukkuutta, ei tien toimintakyvyn riittävyttä voida päätellä pelkästään keskimääraisten liikennemäärien perusteella, vaan sen toimintakyky täytyy määrittää erityisten huippukuormitusten aikana. Edellisen perusteella muodostunut käsitys tien liikenteenvälityskyvyn riippuvuudesta sekä tien rakenteellisista ominaisuuksista että liikennetarpeen vaihteluista on nykyisen tiesuunnittelun perusta.

Seuraavassa liikennemäärät ilmaistaan tuntiliikennemäärinä. Suunnittelijat joutuvat kuitenkin usein toteamaan, ettei täydellisiä ja yksityiskohtaisia tuntiliikennetietoja ole käytettävissä. Usein on käytettävissä ainoastaan hajanaisia laskentoja tai vuoden keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL) arvio, joka perustuu joko kyseisellä tai samankaltaisella tiellä vuoden aikana tiettyin väliajoin tehtyihin liikennelaskentoihin. Tällaisissa tapauksissa käytettävissä olevien laskentatietojen perusteella määritettävän tuntiliikennemäärän laskentamenetelmä on ensiarvoisen tärkeä. Erityisesti on tiedettävä liikennemäärien odotettavissa olevat vaihtelut, joita tuntematta liikennelaskentojen tulosten käyttö suunnittelussa ei voi täysin onnistua.

Huipputuntiliikenteen määrittäminen

Liikennemäärän vaihtelun perusteella tulisi suunnittelua varten määrittää tietty tuntiliikenteen määrä, jonka kadun tai tien odotetaan välittävän.

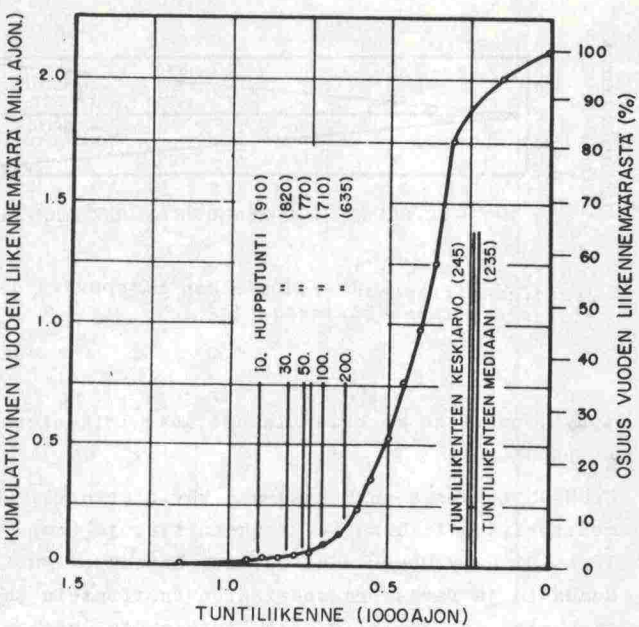


Kuva 3.13.
Vuoden tuntiliikennemäärien jakautuma koon mukaan.

Tämän vuoksi on lyhytaikaiset, mutta usein toistuvat huippuliikennemäärät tunnettava.

Jos tutkittavalla tiellä on suoritettu tuntiliikenteen laskentoja koko vuoden ajan, voidaan tuntiliikennemäärien jakauma esittää liikennemäärien suuruuden mukaan pienenevässä järjestyksessä. Liikennemäärät voidaan esittää joko jatkuvana joukkona (kuva 3.13) tai tuntiliikenteen funktiona kumulatiivisena kokonaisliikennemääränä (kuva 3.14). Kuvien esimerkissä puolella vuoden tunneista liikennemäärä on alle 235 ajon./h, mutta näiden tuntien aikana liikennöi vain 13 % koko vuoden liikennemäärästä. Toisaalta todetaan, että puolet vuoden liikennemäärästä esiintyy selllaisten tuntien aikana, joiden liikennemäärä on 425 ajon./h ja osuus vuoden tunneista 20 %. On selvää, että jos tie suunniteltaisiin palvelutasoltaan tyydyttäväksi kumman tahansa em. liikennemäärän perusteella, ei sen välityskyky riittäisi liikennetarpeen varsin usein ollessa korkeampi. Jos tie taas suunniteltaisiin siten, että sen palvelutaso olisi korkea korkeimman liikennemäärän (1575 ajon./h) aikana, olisi tien välityskyky huomattavasti liian suuri vuoden kaikkien muiden tuntien aikana, mikä ratkaisu on taloudellisesti mahdoton. Suunnittelun perustaksi valittu sopiva tuntiliikennemäärä on siis palvelutason ja kustannusten välinen kompromissi. Yhdysvalloissa suunnitteluarvona tavallisesti käytetään vuoden 10. ja 50. huipputunnin välillä olevaa liikennemäärää, eli edellä esitettyssä esimerkissä kolme tai neljä kertaa keskimääräistä tuntiliikennettä korkeampaa arvoa. Useimmiten käytetään vuoden 30. huipputunnin liikennettä, joskaan se ei ole ehdoton normi.

Taulukossa 3.11 on esitetty kahden samassa osavaltiossa maaseudulla sijaitsevan maantien liikenteen vuotuinen vaihtelu. Kummallakaan tiellä ei vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne eikä korkein huipputuntiliikenne yksinään kuvaa ajo-olosuhteita riittävästi, vaan molemmat liikennemäärät on



Kuva 3.14.
Vuoden tuntiliikennemäärien absoluuttinen ja prosenttinen jakautuma kumulatiivisesti esitettynä. (Laskettu kuvan 3.13 perusteella)

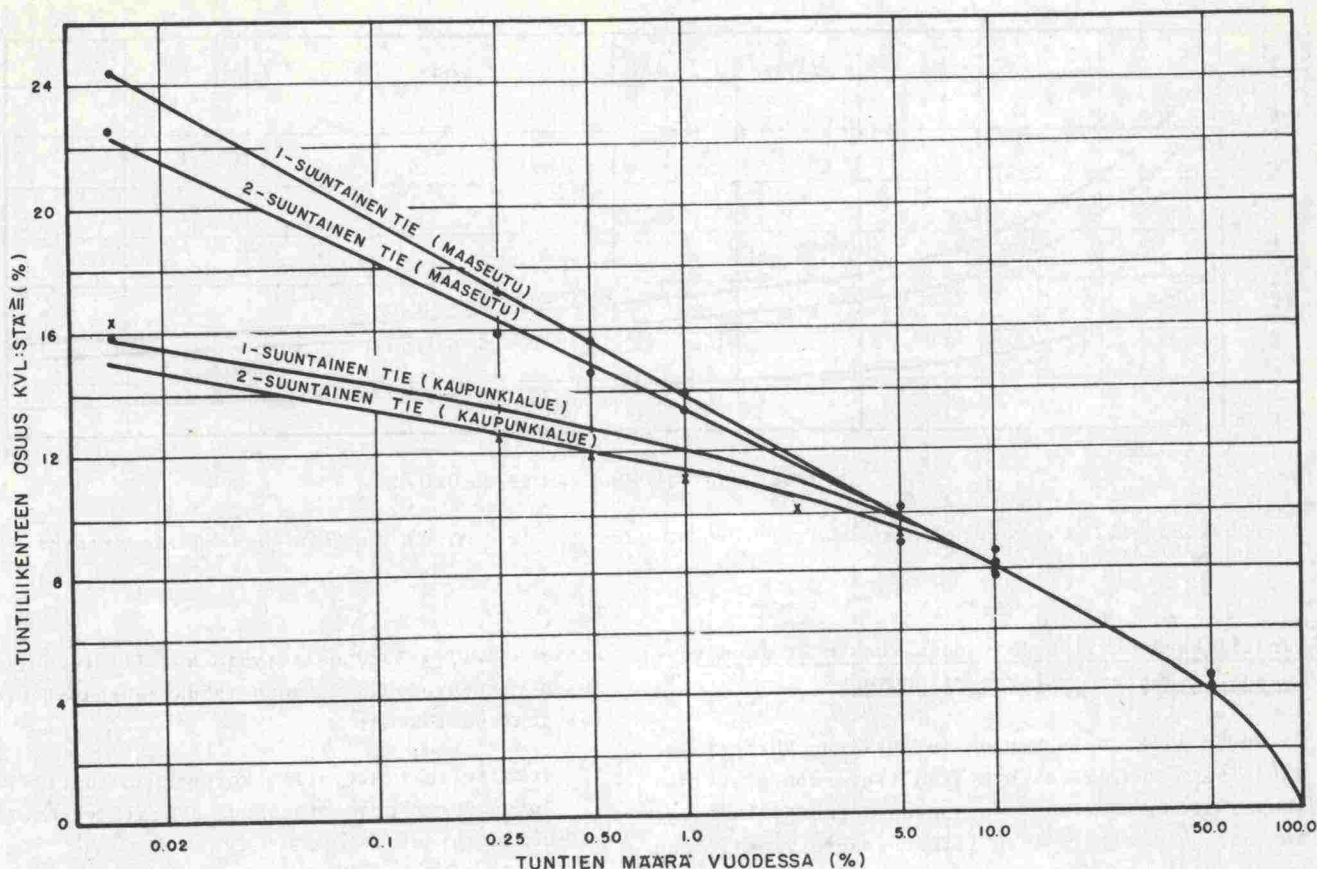
otettava huomioon. Kummankin tien vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne on n. 7200 ajon., mutta tien A huipputuntien liikennemäärät ovat huomattavasti tien B arvoja korkeammat liikennevirran suuremmasta vaihtelusta johtuen. Tien A korkein huipputuntiliikenne on 2.5 kertaa niin suuri kuin tien B arvo. Tiellä A liikennemäärä on yli 900 ajon./h 5.7 prosentissa vuoden tunneista, kun tiellä B vastaava liikennemäärä saavutetaan ainoastaan 0.1 prosentissa vuoden tunneista.

On ilmeistä, että jos huippuliikennemäärät tahdotaan välittää riittävän hyvin, on tie A suunniteltava korkeampiluokkaiseksi kuin tie B, vaikka niiden KVL on sama.

Kuvissa 3.15 ja 3.16 on esitetty kaupunkialueilla ja maaseudulla sijaitsevien teiden vuotuisten liikennemäärien keskimääräinen jakautuma sekä yhteen että molempiin suuntiin. Kuvien tiedot on kerätty 17 osavaltiossa olevalta 113 jatkuvan liikennelaskennan pisteeltä. Kuvaajat esittävät liikennelaskentojen mediaaniarvoja eri teiden KVL:ien vaihdeltua 429 ja 66,624 ajoneuvon välillä.

Taulukko 3.11 KAHDESSA ERI MAASEUDUN MAANTIE-POIKKILEIKKAUKSESSA HAVAITUT TUNTILIIKENNEMÄÄRÄT JA NIITÄ VASTAAVAT VUOROKAUSILIIKENNEMÄÄRÄT

LIIKENNEMÄÄRÄLAJI	TIE A	TIE B
KVL	7,200	7,200
Korkein tuntiliikenne	2,462	988
Vuoden 10. huipputuntiliikenne	2,106	896
Vuoden 20. huipputuntiliikenne	1,986	880
Vuoden 30. huipputuntiliikenne	1,892	864
Vuoden 50. huipputuntiliikenne	1,720	840
Vuoden 100. huipputuntiliikenne	1,506	800
Vuoden 200. huipputuntiliikenne	1,270	762
Vuoden 400. huipputuntiliikenne	1,010	644
Vuoden 600. huipputuntiliikenne	824	588



Kuva 3.15. Kaupunkialueilla ja maaseudulla sijaitsevien 113 tien tuntiliikennemäärien prosenttiosuus KVL:stä v. 1959-1960.

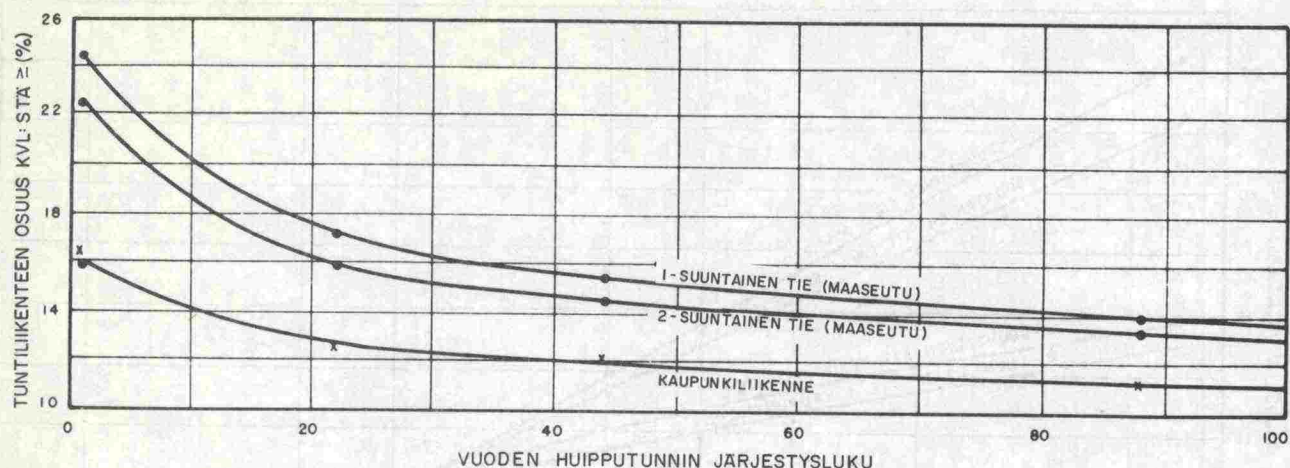
Kaikkien käyrien yhteisenä piirteenä todetaan, että 90 prosentilla vuoden tunneista hiljaisen liikenteen aikana liikennemäärien jakauma on samanlainen, eli 0-8 % KVL:stä. Näiden tuntien aikana liikennöi teillä n. $3/4$ vuoden kokonaisliikennemäärästä. Vuoden tunneista korkeimmat tuntiliikennemäärät omaavien 10 prosentin tiedot kussakin neljässä ryhmässä vastaavat matemaattisesti muotoa $y = a + b^x$ olevaa eksponentiaalista käyrää. Jos tulokset esitetään puolilogaritmiasteikossa (kuva 3.15), ei käyrissä ilmene selvää kulmakertoimen muutosta 30. huipputunnin kohdalla. Tasavälisessä asteikossa tällainen käännekohta on kuitenkin nähtävissä (kuva 3.16).

Seuraavaksi tarkastellaan maaseudun ja kaupunkialueiden liikenteen eroja. Vaikka tiettyjä poikkeuksia esitetystä yleistyksestä esiintyy, voidaan todeta, että kaupunkialueilla huippuliikennemäärät ovat prosenttisesti KVL:stä laskien jonkin verran pienempiä kuin maaseudun teillä. Erästä tähän vaikuttavaa syytä on käsitelty jo edellä liikenteen aikavaihtelujen yhteydessä. Yleensä eri vuodenaikojen, viikonpäivien ja tuntien liikennetarpeen vaihtelut vaikuttavat vähemmän kaupunkialueen teihin, ja liikenne jakautuu tasaisemmin koko tarkasteltavalle aikajaksole. Liikenteen vaihtelu tasoittuu tietä käyttävien liikennetyyppien (ajoneuvokoostumus, matkan pituus, mat-

kan tarkoitus) tullessa monipuolisemmaksi. Tietä ympäröivän rakennetun alueen laajuus vaikuttaa tasoittumiseen huomattavasti.

Kuvista 3.15 ja 3.16 nähdään myös yhden liikennesuunnan ja molempien liikennesuuntien prosenttisten huippuliikennemäärien erot. Yhden liikennesuunnan liikennemäärien vaihtelu on kuvissa esitetty prosentteina kyseisen liikennesuunnan KVL:stä yli kaksikaistaisia teitä koskevien tietojen perusteella, ja molempien liikennesuuntien vaihtelu on esitetty prosentteina kummankin suunnan yhteenlasketusta KVL:stä. Voidaan todeta, että huippuuntuminen liikennevirran yhtä suuntaa tarkasteltaessa on keskimäärin huomattavasti jyrkempää kuin molemmissa suunnissa yhteensä.

Kaikki liikennemäärien vaihtelumuodon tutkimukset perustuvat luonnollisesti tiettyihin olemassaolevien teiden poikkileikkauksiin ja näissä pisteissä havaittuihin vaihteluihin. Tällaisen poikkileikkauksen suurin havaittu liikennemäärä on joko liikennetarpeen huippuarvo tai tien välityskykyä vastaava arvo riippuen siitä, kumpi tekijä näistä on pienempi. Ellei havainto ole sellaiselta tieltä, jolla välityskyky aina riittää, rajoittaa välityskyky merkittävästi huippuliikenteen suuruutta ja kestoja, joskaan sen vaikutuksen tarkkaa arvoa ei voida määrittää.



Kuva 3.16.

Kaupunkialueilla ja maaseudulla sijaitsevien 113 tien 100 korkeimman tuntiliikennemäärän prosenttiosuus KVL:stä v. 1959-1960.

Tuntiliikennemäärien ja vuoden keskimääräisen vuorokausiliikenteen välinen riippuvuus

Jatkuvan liikennelaskennan tuloksia on käytettävissä vain muutamista nykyisen tieverkon pisteistä ja niidenkin tiedot vastaavat jo mennyttä ajankohtaa. Yleisimmin tien liikennemäärä ilmoitetaan vuoden keskimääräisenä vuorokausiliikenteenä (KVL). Useimmiten tietyn tien KVL määritetään lyhytaikaisilla laskennoilla, joiden tulokset kerrotaan joistakin vastaavaa liikenteen jakautumaa osoittavista jatkuvan laskennan pisteistä saaduilla kertoimilla.

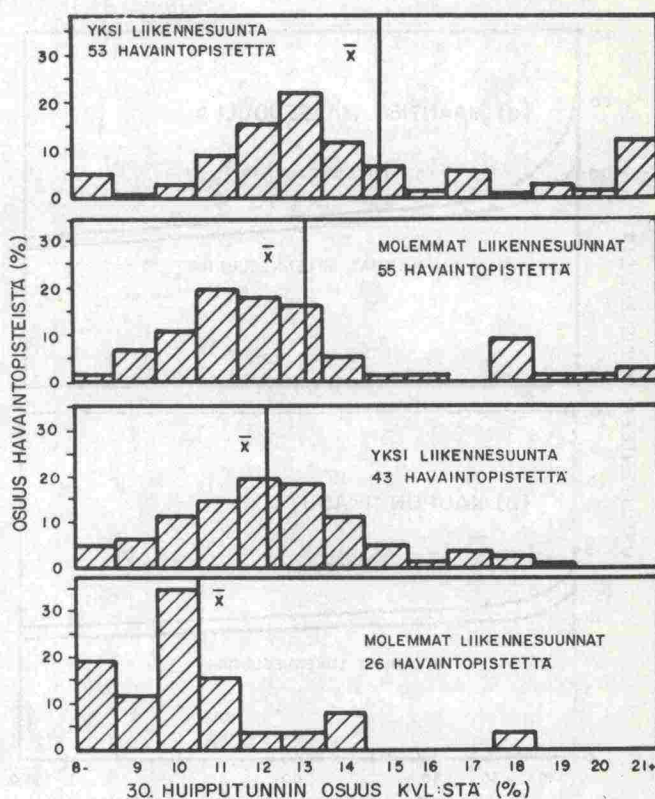
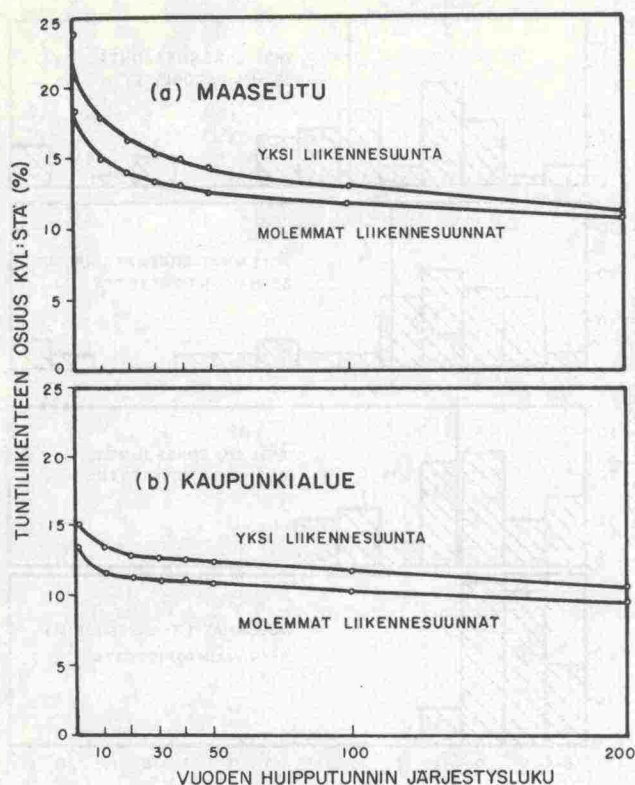
Vuoden liikennemäärien ja huipputuntiliikenteen riippuvuuden määrittämiseksi on tämän teoksen liitteessä A esitetty Yhdysvalloissa vuosina 1961 ja 1962 kerättyjä liikennelaskentojen tuloksia alueittain kaupunkiseutuja ja maaseutua varten eri tietyypeille (moottoritiet, moottorikadut, useampikaistaiset maantiet, kaksikaistaiset maantiet). Liitteessä on esitetty keskimääräinen ja korkein vuorokausiliikenne sekä nykyisen suunnittelukäytännön mukaisesti erilaisia tuntiliikennemääriä prosentteina KVL:stä. Taulukossa 3.12 ja

kuvilla 3.17 - 3.20 esitetystä ko. liitteen tietojen yhteenvedosta voidaan tehdä seuraavat yleiset johtopäätökset:

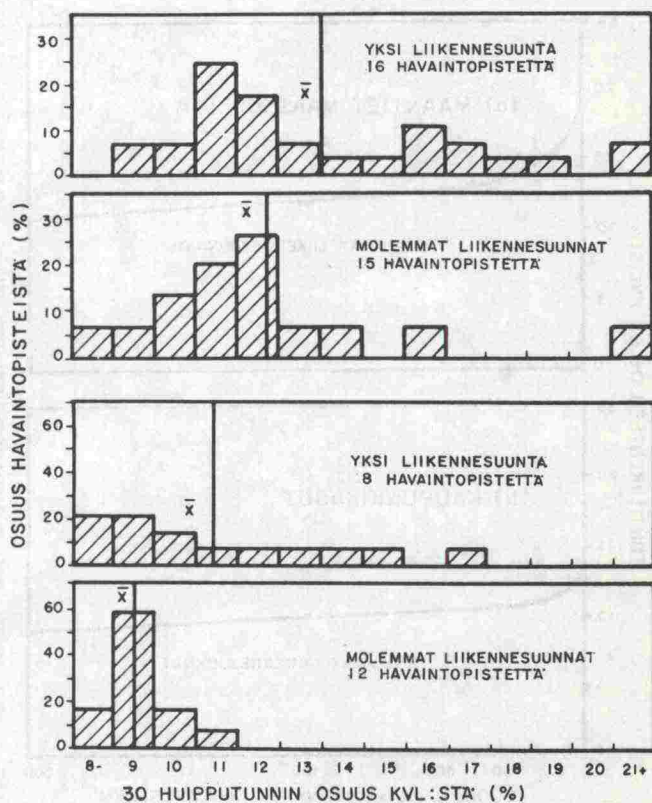
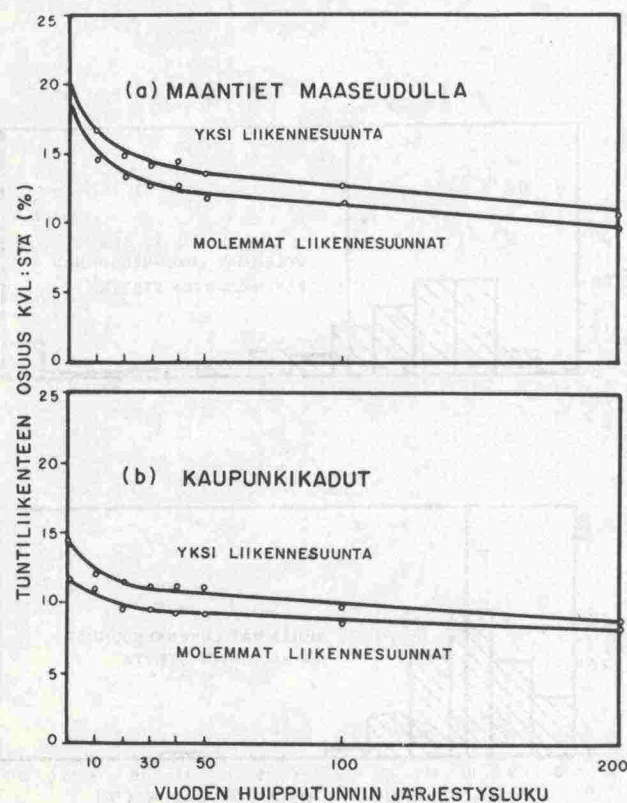
1. Jokaisella tietyyppillä korkeimman tuntiliikennemäärän prosenttiosuus KVL:stä vaihtelee huomattavasti.
2. Tämä vaihtelu pienenee huipputuntin järjestysluvun suuretessa välillä 1...200. Samoin vaihtelu pienenee KVL:n kasvaessa.
3. Korkeimpien tuntiliikennemäärien prosenttiosuus KVL:stä on yleensä pienempi kaupunkialueiden kuin maaseudun teillä ja vastaavasti molempien liikennesuuntien liikenteestä laskettuna pienempi kuin yhden liikennesuunnan liikenteestä.
4. Huipputuntien osuus KVL:stä on yleensä suurin sellaisilla teillä, joiden KVL on hyvin alhainen (alle 1000).
5. Tuntiliikenteen prosenttiosuus KVL:stä vähenee tavallisimmin tasaista käyrää pitkin 1. ja 200. huipputuntin välillä ilman, että vähentymisessä tapahtuisi äkkinäistä muutosta missään pisteessä.

Taulukko 3.12 YHDEN JA MOLEMPIEN SUUNTIEN TUNTILIIKENTEEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ VUODEN 1., 30. JA 200. HUIPPUTUNTINA ERI TIETYYPEILLÄ

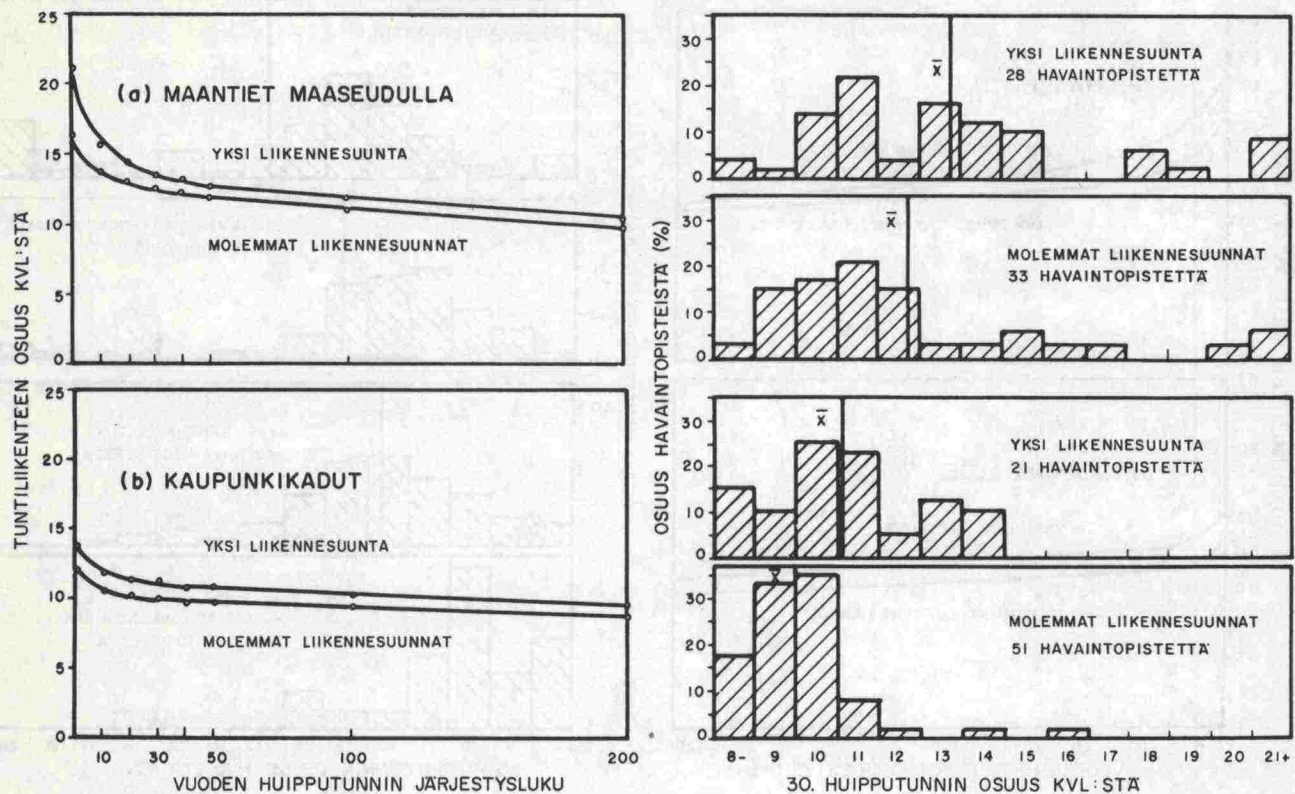
TIETYYPPI	HUIPPUTUNTILIIKENTEEN PROSENTTINEN OSUUS KVL:STÄ					
	YHTEN SUUNTAAN			MOLEMPIIN SUUNTIIN		
	VUODEN 1.HUIPPU- TUNTI	VUODEN 30.HUIPPU- TUNTI	VUODEN 200.HUIPPU- PUTUNTI	VUODEN 1.HUIPPU- TUNTI	VUODEN 30.HUIPPU- TUNTI	VUODEN 200.HUIPPU- TUNTI
Maaseutu:						
Moottoritie	23.6	15.4	11.4	18.3	13.5	10.9
Moottorikatu	21.5	14.1	10.6	19.2	12.7	9.7
Useampikaistainen maantie	21.2	13.7	10.3	16.4	12.7	9.9
2-kaistainen kaksisuunt. maantie	-	-	-	19.7	13.6	11.2
Kaupunkialueet:						
Moottoritie	15.0	12.7	10.7	13.6	11.0	9.6
Moottorikatu	14.6	11.4	8.9	11.6	9.5	8.3
Useampikaistainen katu	13.8	11.1	9.6	12.0	10.0	8.7
2-kaistainen kaksisuunt. katu	-	-	-	13.4	10.6	9.0



Kuva 3.17.
Tuntiliikenteen prosenttiosuuden riippuvuus vuoden keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä moottori-
teilla.

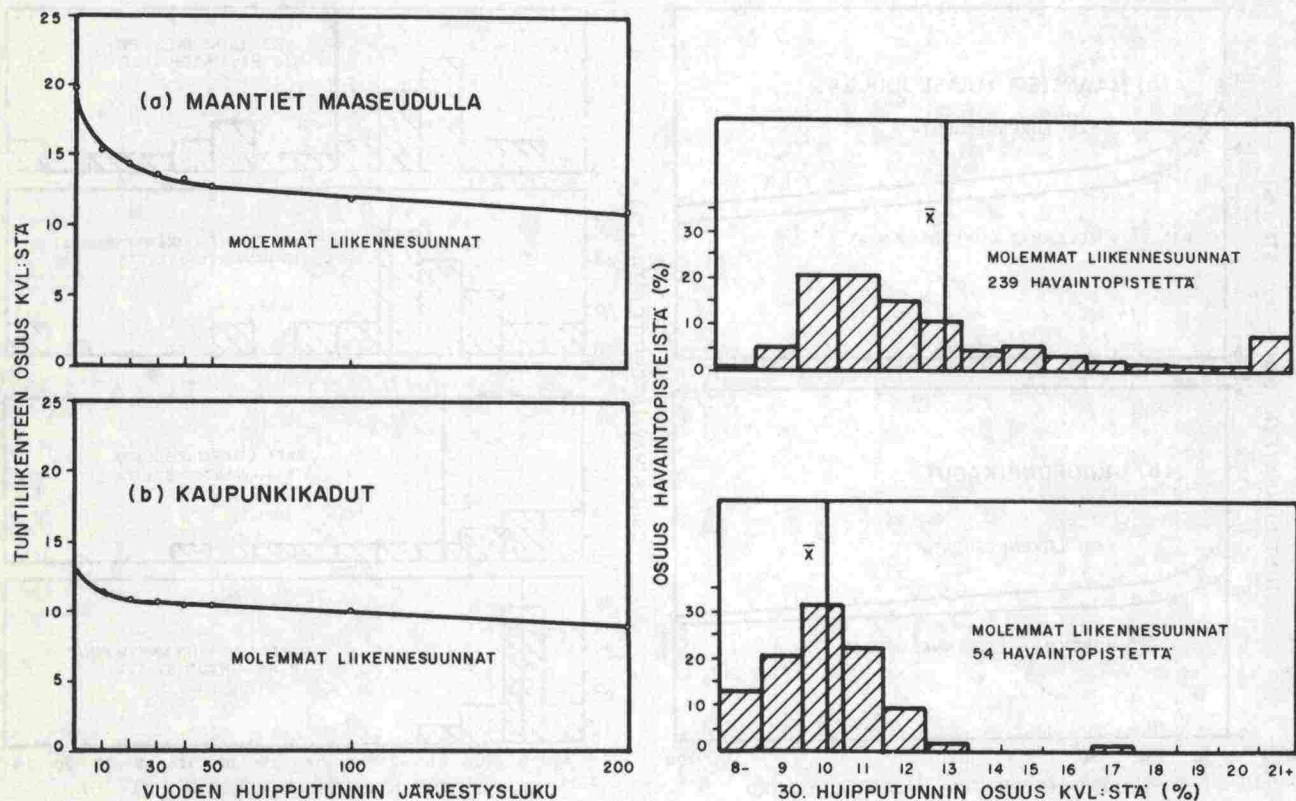


Kuva 3.18.
Tuntiliikenteen prosenttiosuuden riippuvuus vuoden keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä moottori-
kaduilla.



Kuva 3.19.

Tuntiliikenteen prosenttiosuuden riippuvuus vuoden keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä tavallisilla monikaistaisilla teillä.



Kuva 3.20.

Tuntiliikenteen prosenttiosuuden riippuvuus vuoden keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä kaksikaistaisilla teillä.

Edellä esitetyt johtopäätökset osoittavat, miten suuri merkitys on ohjeliikenteen arvon valinnalla. On kieltämättä selvää, että mitoitusti liikenteen tulee olla keskimääräistä liikennemäärää suurempi. Asianmukaisen mitoitettavan tuntiliikennemäärän valinta on taloudellinen kysymys, jonka yhteydessä odotettavissa oleva hyöty ja rakennuskustannukset pyritään tasapainottamaan. Täten kysymyksestä muodostuu hallinnollinen, tämän käsikirjan aiheen ulkopuolella oleva kysymys.

Huipputuntien liikenteen trendit

Seuraavassa käsitellään 30. huipputunnin liikennemääriä, koska useat osavaltiot käyttävät 30. huipputuntia maaseudun maanteiden suunnitteluperusteena ja täten ko. huipputunnin liikenteen tiedot eri olosuhteissa ovat käytettävissä. Vaikkakin tekstissä edellisestä johtuen usein viitataan 30. huipputuntiin, ei sitä tulisi tulkita norminomaisesti suositukseksi, vaan pikemminkin esimerkkinä erään huipputunnin liikenteen kehityksestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Samat riippuvuudet ja kehitysnäkömät pitävät yleensä paikkansa muillakin normaaliin suunnittelukäytäntöön sisältyvillä huipputunneilla.

Aikaisemmissa 30. huipputuntiliikenteen kehitystä koskevissa tutkimuksissa havaittiin vain pieniä muutoksia ko. huipputunnin ja KVL:n suhteessa eri vuosina. Täten pääteltiin, että KVL:n kasvu aiheutti teiden huipputuntiliikenteen vastaavan lisäyksen. Viimeisimmät useisiin havaintokohteisiin ja pitempiaikaisiin jatkuviin liikennelaskentoihin perustuvat tutkimukset eivät ole tukeneet edellä esitettyä johtopäätöstä (6, 7, 8). Kolmen merkittävimmän 30. huipputunnin liikenteen muutoksia koskevan tutkimuksen tulokset ovat seuraavat:

1. 30. huipputunnin osuus KVL:stä pienenee tavallisesti tien KVL:n kasvaessa.
2. Korkeilla 30. huipputunnin korjauskertoimilla pieneminen on voimakkaampaa kuin pienillä kertoimilla
3. 30. huipputunnin korjauskerroin on korkea sellaisilla teillä, jotka kulkevat asukasluvultaan pienten tai harvaan asuttujen alueiden läpi tai jos tien vuodenajasta johtuva liikenteen vaihtelu on huomattavan suuri. Rakennustoiminta tai ympäröivän alueen laajeneminen pienentää korjauskerrointa nopeammin kuin muiden tekijöiden perusteella olisi odotettavissa.

Alhaisilla liikennemäärillä tien korkea välityskyky tekee liikenteen häiriytymättömän sujumisen aina mahdolliseksi, ja toisaalta harvaan asutuilla alueilla vain harvoin matkaryhmiin kuuluvat mat-

kat aiheuttavat lyhytaikaisia mutta voimakkaita liikennetarpeen keskittymiä. Em. olosuhteiden johdosta kertoimesta muodostuu hyvin korkea. Kun kokonaisliikennemäärä kasvaa ja/tai rakennustointa lisääntyy ympäröivällä alueella, matkaryhmien lisääntyminen pyrkii jakamaan liikennetarpeen tasaisemmin koko vuorokauden ajalle. Joissakin tapauksissa tien välityskyky saattaa rajoittaa huipputuntien liikennemäärää joko suoranaisesti vähentämällä matkoja tai pidentämällä liikenteen huippujakson kestoja. Täten jonkin tietyn huipputuntikertoimen pieneneminen ei välttämättä osoita huippuliikennemäärän vähenemistä, vaan saattaa johtua kokonaisliikennemäärän, ja etenkin muun kuin huippuajan liikennemäärän kasvusta. Kertoimia määritettäessä tulee täten ottaa huomioon samat seikat, jotka aikaisemmin esitettiin käsiteltäessä liikennevirran ajallista vaihtelua. Tuolloin todettiin, että huipputunnin liikenteen prosenttiosuus kokonaisliikenteestä on pienin korkeilla liikennemäärillä ja voimakkaasti rakennetuilla alueilla. Äärimmäistapauksessa koko liikennemäärän kasvun täytyy tapahtua huippuajankohdan ulkopuolella liikenteen huipun ruuhkautumisesta johtuen.

Kolmannenkymmenennen tai muun valitun huipputunnin liikennemäärän muutoksen suuruus riippuu useista eri tekijöistä ja se pitäisi määrittää kutakin aluetta tai mahdollisuuksien mukaan kutakin tietä varten erikseen. Tähän tähtääviä alustavia tutkimuksia on Yhdysvalloissa jo tehty. Wisconsinissa maaseudulla sijaitsevilla maanteilla vuosina 1947-1961 suoritettujen jatkuvien liikennelaskentojen tulokset osoittavat, että kaikilla samanlaista liikenteen käyttäytymistä osoittavilla laskentapistillä 30. huipputuntiliikenteen kerroin pieneni pääasiassa KVL:n lisäyksen funktiona (6). Toisen, New Jerseyssä tehdyn 69 laskentapistettä koskevan tutkimuksen tulokset osoittivat, että 30. huipputunnin kerroin riippui ajasta ja väheni vuosittain keskimäärin 2.3 prosenttia (7). Kolmannessa, 160 ympäri Yhdysvaltoja sijaitsevaa laskentapistettä koskevassa tutkimuksessa todettiin kertoimen riippuvan sekä liikennemäärän kasvusta että ajasta (8).

Kukin edellä esitetyistä tutkimuksista koski joko tiettyjä osavaltioita tai määrättyjä väylätyyppejä, joten tuloksia ei voida pitää soveltamiskelpoisina muualla kuin tutkituilla alueilla. Tästä huolimatta ne kuvaavat menetelmän, jota voidaan käyttää pyrittäessä arvioimaan tai ennustamaan liikenteen huippuja tarkemmin. Jatkotutkimukset ovat välttämättömiä, jotta esitettyjen ja muiden mahdollisesti vaikuttavien tekijöiden suhteelliset vaikutukset liikennehuippujen kehitykseen voitaisiin määritellä.

LIIKENTEEN NOPEUS

Teiden ja katujen liikenteenvälityskykyä käsiteltäessä on aina otettava huomioon tietyissä ajo-olosuhteissa mahdollinen käyttönopeus. Tien käyttäjien tielle antama "arvosana" riippuu suuressa määrin mahdollisesta ajonopeudesta tiellä. Suunnittelussa käytetty määritelmä palvelutason välityskyvystä riippuu myös osittain tien nopeuden ja liikennemäärän suhteesta.

Jos tiellä mahdollinen käyttönopeus on noin 112 km/h (70 mph) liikennemäärien ollessa alhaisia, tien käyttäjä tyytyy tavallisesti alhaisempiin nopeuksiin useissa eri olosuhteissa.

Viimeaikaiset korkeatasoisiksi suunnitelluilla maaseudun maanteillä tehdyt tutkimukset osoittavat, että yli 95 % ajajista ei ylitä 120-128 km/h:n (75-80 mph) nopeuksia ja on tyytyväisiä, kun tien geometria ja vallitsevat liikenneolosuhteet sallivat 88-104 km/h:n (55-65 mph) keskimääräisen käyttönopeuden. Vastaavia kaupunkialueiden katuja koskevia tietoja ei valitettavasti ole käytettävissä. On paljon keskusteltu siitä, onko välttämätöntä tai toivottavaa suoda samantaiset ajo-olosuhteet sekä kaupunkialueiden että maaseudun teillä, mutta nykyisin tavallisesti oletetaan, että ajajat hyväksyvät jonkin verran alemmat ajo-olosuhteet kaupunkialueilla.

Nopeustrendit

Vaikka mm. liikennemäärä, tien välityskyky, linjaus, sääolosuhteet tai liikenteen ohjauslaitteet saattavat vaikuttaa ajoneuvojen nopeuksia koskevien tutkimusten tuloksiin, osoittavat pitkän aikajakson aikana suoritettut tutkimukset ajonopeuksien vähitellen kasvaneen. Tämä kehitys näkyy taulukosta 3.13, jossa on esitetty yli puolessa Yhdysvaltojen osavaltioista tehtyjen nopeustutkimusten tulokset. Tutkimukset on suoritettu maaseudun pääteiden tasaisilla ja suorilla osuuksilla liikennemäärien ollessa suhteellisen alhaisia, jolloin useimmat ajajat voivat ajaa haluamallaan nopeudella, joka tietysti riippuu käytetyistä nopeusrajoituksista ja niiden valvonnasta. Nopeusmittaukset tehtiin sekä kaksi- että useampikaistaisilla teillä, joista monet edustivat verraten vaatimatonta teknillistä tasoa.

Nykyaikaisen tiesuunnittelun vaikutukset käytettyyn ajonopeuteen ovat jossakin määrin havaittavissa Wisconsin State Highway Commissionin vuonna 1961 tekemässä nopeustutkimuksessa (9). Vuonna 1961 todettiin ajoneuvojen keskimääräisen nopeuden olevan 85.5 km/h (53.2 mph) tavallisten maaseututeiden tasaisilla ja suorilla osuuksilla liikennemäärien ollessa alhaisia. Rakennetuilla liittovaltion teillä (Interstate highway) vastaavissa ajo-olosuhteissa oli nopeus 96.5 km/h (60.1 mph), mikä osoittaa paremman tiesuunnittelun vaikutuk-

sen. Samanlainen havainto on tehty useissa eri osavaltioiden suorittamissa nopeustutkimuksissa.

Kuten edellä mainittiin, perustuvat taulukossa 3.13 esitetyt nopeustrendit eri teillä tehtyihin havaintoihin olosuhteissa, joissa ajajat voivat käyttää haluamaansa nopeutta. Täten tuloksista ilmenee, että haluttu nopeus on kasvanut ja että parantunut tiesuunnittelu on jossakin määrin vaikuttanut nopeuksiin. Tällaisista nopeustutkimuksista ei kuitenkaan saada selville riittämättömän välityskyvyn aiheuttamia nopeusrajoituksia, joiden johdosta huippuliikenteen nopeudet ovat vastaavana ajanjaksona saattaneet jatkuvasti alata. Tavallisen maaseututien välityskyky pysyy yleensä suhteellisen vakiona, mutta liikenteen huipputuntien, jolloin liikennemäärä on lähellä välityskykyä, lukumäärä tavallisesti kasvaa. Täten kasvaa niiden tuntien lukumäärä, jolloin ajoneuvoilla ei voida ajaa haluttua nopeutta, ja kyseisen tieosuuden keskimääräinen ajonopeus pyrkii ajanmittaan alenemaan.

Vaikka edellä kuvattu kehitys on havaittavissa kaikilla tietyyypeillä, se on ilmeisintä moottoriteillä ja moottorikaduilla, joilla tiestä johtuvat vastukset vain harvoin vaikuttavat nopeuksia alentavasti. Tämän takia suurin osa esimerkeistä seuraavassa esitettävässä liikenteen nopeuden käsitelyssä koskee moottoriteitä.

Taulukko 3.13 ERI AJONEUVOTYYPPIEN KESKIMÄÄRÄISET NOPEUDET v. 1946-1964

VUOSI	KESKIMÄÄRÄINEN NOPEUS KM/H (MPH)			
	HENKILÖ-AUTOT	LINJA-AUTOT	KUORMA-AUTOT	KAIKKI AJONEUV.
1946	74 (46.1)	77 (47.8)	65 (40.2)	73 (45.2)
1947	77 (48.1)	78 (48.4)	68 (42.5)	76 (46.9)
1948	79 (48.8)	80 (50.0)	69 (43.1)	77 (47.7)
1949	78 (48.7)	81 (50.3)	70 (43.5)	77 (47.6)
1950	78 (48.7)	80 (49.8)	69 (43.0)	77 (47.6)
1951	81 (50.1)	82 (51.2)	71 (44.4)	79 (48.9)
1952	82 (50.8)	84 (52.1)	72 (45.0)	80 (49.5)
1953	83 (51.3)	83 (51.8)	72 (45.1)	80 (49.8)
1954	83 (51.4)	83 (51.8)	73 (45.4)	81 (50.0)
1955	84 (52.0)	84 (52.3)	73 (45.6)	81 (50.5)
1956	84 (52.0)	84 (52.2)	74 (46.2)	82 (50.6)
1957	85 (52.6)	85 (52.6)	76 (47.0)	83 (51.4)
1958	85 (52.8)	86 (53.6)	76 (47.3)	83 (51.7)
1959	86 (53.2)	86 (53.5)	76 (47.3)	84 (51.9)
1960	87 (53.8)	89 (55.5)	78 (48.2)	85 (52.6)
1961	87 (53.7)	89 (55.3)	78 (48.3)	85 (52.6)
1962	89 (55.1)	90 (56.0)	80 (49.4)	87 (53.8)
1963	92 (57.1)	93 (58.1)	83 (51.3)	90 (55.8)
1964 ^a	92 (56.9)	92 (57.3)	82 (50.9)	90 (55.6)

LÄHDE: Bureau of Public Roads, "Speed Trends" eri vuosilta

^a Alustava

Nopeuden tuntivaihtelut

Edellä mainitut liikennemäärän ja välityskyvyn vaikutukset ajonopeuteen voidaan havainnollistaa esittämällä liikennemäärän tai liikennetiheyden kuvaajat päällekkäin vastaavana ajankohtana samalla tiellä esiintyneiden ajonopeuksien kuvaajien kanssa. Tällöin tavallisimmin nopeuden havaitaan alenevan liikennemäärän kasvaessa. Kuvassa 3.21 on esitetty viiden minuutin liikennemäärän ja ajonopeuden suhteet aamun huipputuntina Houstonin Gulf Freewayn keskikaistan viereisellä ajo-kaistalla.

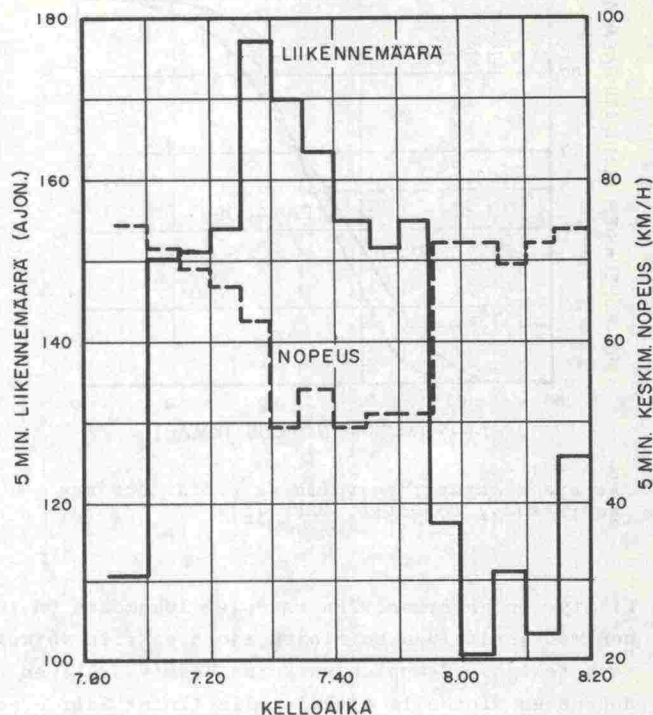
Vastaava 12 tuntia koskeva kuvaaja on esitetty kuvassa 3.22, joka perustuu Detroitissa sijaitsevan Edsel Ford Expresswayn kaikilla toisen ajosuunnan kaistoilla tehtyihin havaintoihin. Kuvassa alhaisin nopeus esiintyy aamuhuipun aikana vähän ennen kello 8.00:a suurinta tuntiliikennettä vastaavalla kohdalla. Kuvan esimerkissä on merkittävää, että iltapäivän huipputuntina, jolloin liikennemäärä on pienempi kuin aamuhuippuna, nopeus ei alentunut, vaan kuvasta voidaan todeta keskimääräisen nopeuden hienoinen kasvu. Tämä useilla muillakin moottoriteillä havaittu ilmiö saattaa johtua erilaisten ajajien esiintymisestä (esim. kotoa työhön ajajat, asioille ajajat ja vaimot) eri tunteina. Aamun huipputuntina liikenne koostuu lähes kokonaan kotoa työhön ajajista, joilla on selvä päämäärä. Iltapäivällä ajajien joukossa on useampia vähemmän tärkeillä asioilla liikkuvia, ja illan huipputuntina ajajat pääasiassa ovat työstä kotiin palaajia.

Kuvassa 3.23 on esitetty nopeusjakautumat päivä- ja yöolosuhteissa Detroitissa sijaitsevalla Davison Expresswayllä tehtyjen havaintojen perusteella. Kuva perustuu yhden minuutin aikana ylläpidettyihin keskimääräisiin nopeuksiin, joiden kumulatiivinen prosenttijakautuma on esitetty. Päivän ja yön nopeusjakautuman mediaani on lähes yhtä suuri, mutta yöllä nopeuden vaihtelu on huomattavasti suurempi. Kaksi kolmasosaa päiväsaajan keskimääräisistä nopeuksista eroaa vain ± 5 km/h (3 mph) päivanopeuksien mediaanista, mutta yöllä vähemmän kuin puolet minuutin keskinopeuksista pysyy ± 5 km/h:n vaihtelurajoissa yön nopeuksien mediaanista laskettuna.

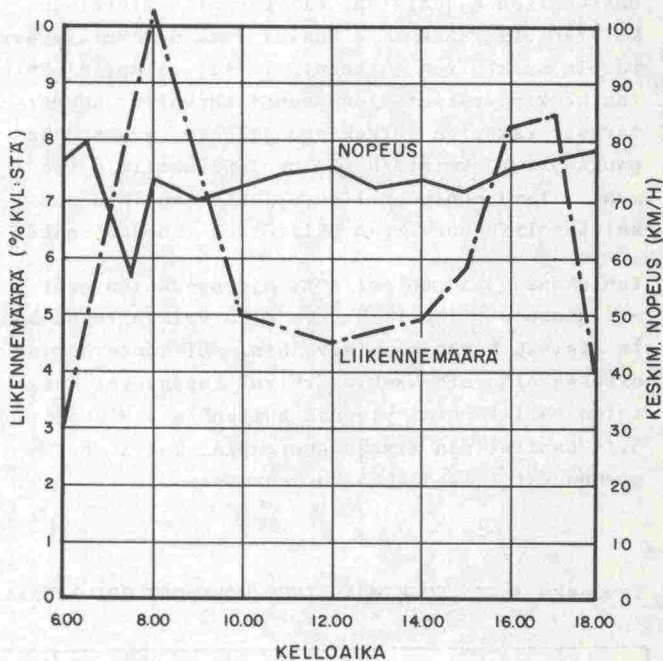
Kuten edellisistä esimerkeistä havaitaan, ajonopeuden jakautuma ja keskiarvo vaihtelee eri tunteina useista eri tekijöistä riippuen. Ajajien ominaisuudet, matkan tarkoitus, näkyvyys ja liikennemäärä-välityskyky-suhteet vaikuttavat kukin vuorokauden eri aikoina havaittuihin nopeuksiin.

Eri ajokaistojen keskimääräiset nopeudet

Useampikaistaisilla moottoriteillä myös eri ajokaistojen keskimääräinen ajonopeus vaihtelee eri



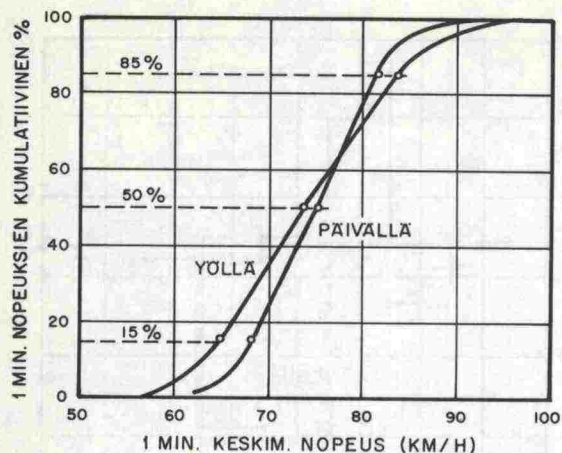
Kuva 3.21.
Liikennemäärän ja nopeuden vaihtelut 5 minuutin jaksoina aamun ruuhka-aikana. Gulf Freeway, Houston, Texas. (10)



Kuva 3.22.
Liikennemäärän ja nopeuden vaihtelu eri tunteina. Ford Expressway, Detroit, 1959. (3)

tunteina. Tämä voidaan todeta taulukosta 3.14, jossa on esitetty useasta eri lähteestä kootut eri ajokaistojen keskinopeudet.

Yhtä poikkeusta lukuunottamatta pienin keskimääräinen nopeus havaittiin pientareen puoleisella kaistalla (ensimmäinen ajokaista). Havainto on yhtäpitävä Yhdysvalloissa yleisen ajotavan kanssa, jolloin hitaasti liikkuvat ajoneuvot ajavat oikealla eli pientareen puoleisella kaistalla.



3.23.
Nopeusjakautumat päivällä ja yöllä. Davison Expressway, Detroit, 1959. (21)

Liittyvien ja erkanevien ramppien lukumäärä on toinen moottoriteiden kaistojen ajonopeuksiin vaikuttava tekijä. Ramppien vaikutus keskimääräiseen nopeuteen ulommalla ajokaistalla ilmeni Gulf Freeway'n tutkimuksessa, jossa verrattiin ajonopeutta em. ajokaistalla sekä eräiden liittymisramppien ollessa käytössä että niiden sulkemisen jälkeen. Viiden minuutin pituisten havaintojen perusteella ensimmäisen ajokaistan, eli ramppien viereisen kaistan, liikennemäärä kasvoi tuskin havaittavasti rampin sulkemisen jälkeen. Toisaalta ko. ajokaistan keskimääräiset ajonopeudet kasvoivat huomattavasti ramppien sulkemisen jälkeen, eräässä tapauksessa 37 km:stä/h (23 mph) 58 km:iin/h (36 mph). Tämä nopeuden lisäys johtui ensimmäisen kaistan liikennevirran häiriöiden vähenemisestä.

Taulukossa 3.14 on esitetty ajonopeuksien erot eri ajokaistoilla liikennemäärän vaihdellessa kohdallisista korkeisiin arvoihin. Liikennemäärien ollessa alhaisia keskimääräiset nopeuserot kaistojen välillä ovat yleensä kuitenkin taulukossa 3.14 osoitettuja arvoja suurempia, mutta erot pienenevät liikennemäärän kasvaessa.

Nopeusjakautumat

Edellä on käsitelty eri tekijöiden vaikutuksia keskimääräiseen nopeuteen. Poikkeuksellisia olosuhteita lukuunottamatta yksityisten ajoneuvojen nopeudet kuitenkin vaihtelevat verraten lähellä keskiarvoa. Kuvassa 3.24 on esitetty ruuhkautumattomien maaseudun maanteiden tasaisilla ja suorilla osuuksilla havaitut nopeusjakautumat vuosina 1941 ja 1958. Kuvassa esitetyt tiedot on saatu useista eri osavaltioista sekä New Jersey Turnpike'n ja Kansas Turnpike'n hallintoviranomaisilta.

Ennen vuotta 1941 henkilöautojen keskimääräinen nopeus oli n. 68–73 km/h (42.5–48.5 mph), kuten kuvan 3.24 käyrät A ja B osoittavat. Vuonna 1941 nopeammilla teillä (käyrä B) keskimääräinen⁽¹⁾ 70 % ajajista ajoi nopeusalueella 63–92 km/h (39–57 mph), joten vaihtelu oli 29 km/h (18 mph). Vuoteen 1958 mennessä kaikkien maaseudun maanteiden keskimääräinen nopeus oli kasvanut 85 km:iin/h (52.8 mph) (käyrä B') ja keskimääräiset 70 % ajajista käytti ajonopeutenaan 71–98 km/h (44–61 mph), joten vaihtelu oli 27 km/h (17 mph).

Käyrä C osoittaa henkilöautojen tyypillisen nopeusjakautuman maaseudun moottoritieillä, jolla on tehokkaasti valvottu 96 km/h:n (60 mph) nopeusrajoitus. Keskimääräinen nopeus on 89 km/h (55.5 mph) ja keskimääräiset 70 % ajajista käyttävät nopeuksia 75–101 km/h (47–63 mph), joten nopeuden vaihtelu on 26 km/h (16 mph).

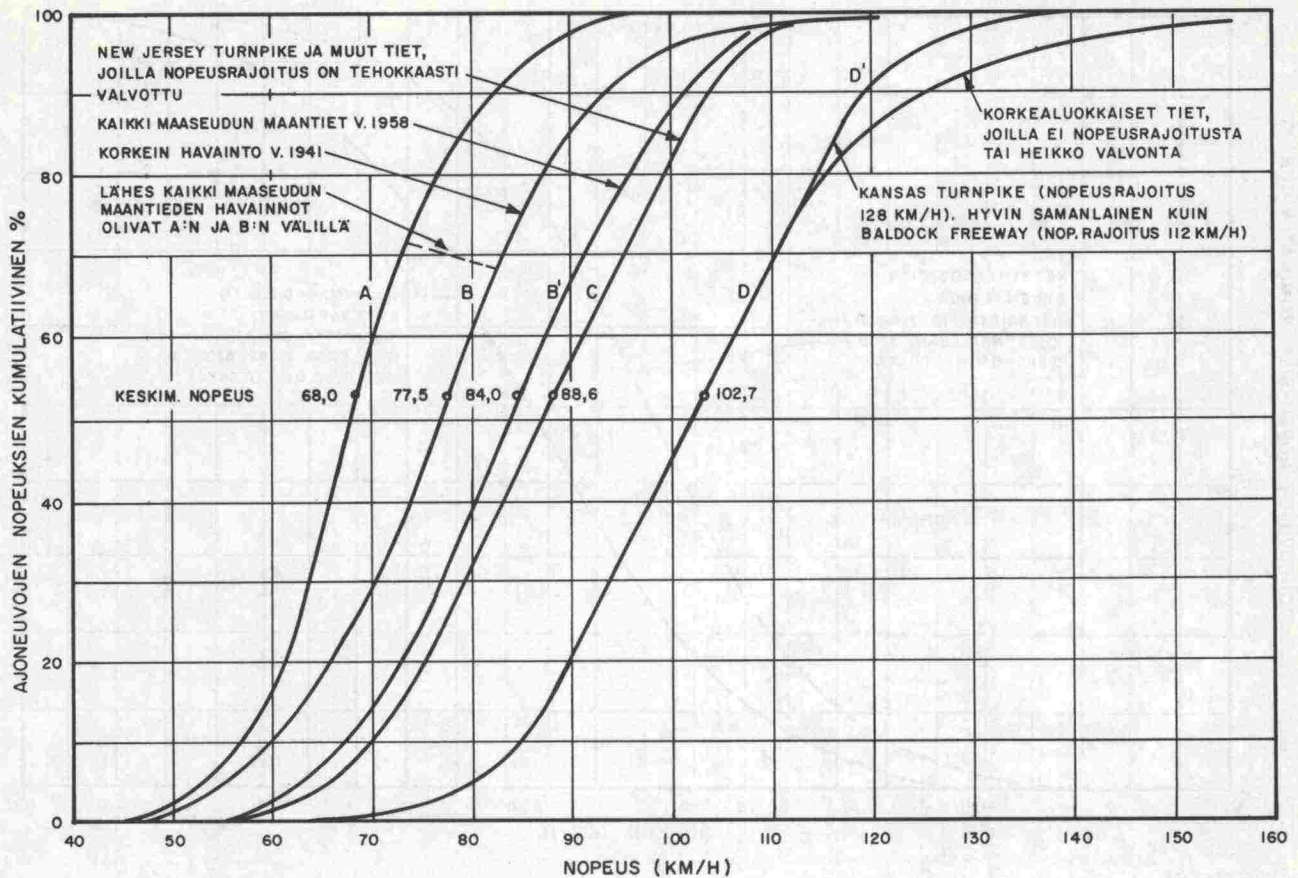
Kuvaajat D ja D' esittivät korkealuokkaisille väylille tyypilliset nopeusjakautumat nopeusrajoituksen ollessa korkeampi tai valvonnan tehottomampi. Kummassakin tapauksessa keskimääräinen nopeus on 103 km/h (64.2 mph) ja keskimääräiset 70 % ajajis-

¹ Nopeusjakautumahavaintojen se osa, joka saadaan poistamalla korkeimmat ja alhaisimmat 15 % havainnoista.

Taulukko 3.14 KESKIMÄÄRÄISET NOPEUDET ERI AJOKAISTOILLA

TIEN SIJAINTI	LÄHDE NO	KESKIMÄÄRÄINEN NOPEUS KM/H(MPH)			KESKIM. REDUSOITU TUNTILIIK. KAISTALLA
		I AJO- KAISTA	II AJO- KAISTA	III AJO- KAISTA	
New Jersey Turnpike	41	73.5 (46)	88.0 (55)	96.0 (60)	1120
Eastshore Freeway, Calif.	23	73.5 (46)	81.5 (51)	84.7 (53)	1423
Pasadena Freeway, Calif.	23	67.1 (42)	70.4 (44)	73.5 (46)	1756
Gulf Freeway, Texas	10	68.7 (43)	X (X)	65.5 (41)	1543
Ford Expressway, Mich.	3	67.1 (42)	73.5 (46)	75.1 (47)	- a
Davison Expressway, Mich.	3	72.0 (45)	76.7 (48)	75.1 (47)	- a
Santa Ana Freeway, Calif.	23	70.4 (44)	72.0 (45)	Ei ole	1963
North Sacramento Fwy., Calif.	23	73.5 (46)	80.0 (50)	Ei ole	1449
Merritt Parkway, Conn.	32	75.1 (47)	81.5 (51)	Ei ole	1095
Hutchinson River Parkway, N.Y.	42	65.5 (41)	72.0 (45)	Ei ole	1000

^a Koko vuorokauden keskiarvo



Kuva 3.24.
Tavallisten henkilöautojen nopeusjakautuma. (Lähde: *Freeway operations*, Institute of Traffic Engineers, 1960.)

ta käyttävät nopeuksia 89–118 km/h (55–73 mph) tai 89–121 km/h (55–75 mph), joten vaihtelu on huomattavasti suurempi.

Kuvassa 3.24 esitetyt käyrät perustuvat havaintoihin, joiden aikana tien välityskyvyn rajoitukset eivät vaikuttaneet ajajien käyttämään nopeuteen. Liikennemäärien kasvaessa ajajat voivat yhä vähemmän valita ajonopeutensa. Tällöin nopeampien ajajien täytyy alentaa nopeutta enemmän kuin hitaiden ajajien, jolloin ajonopeuden vaihtelu pienenee.

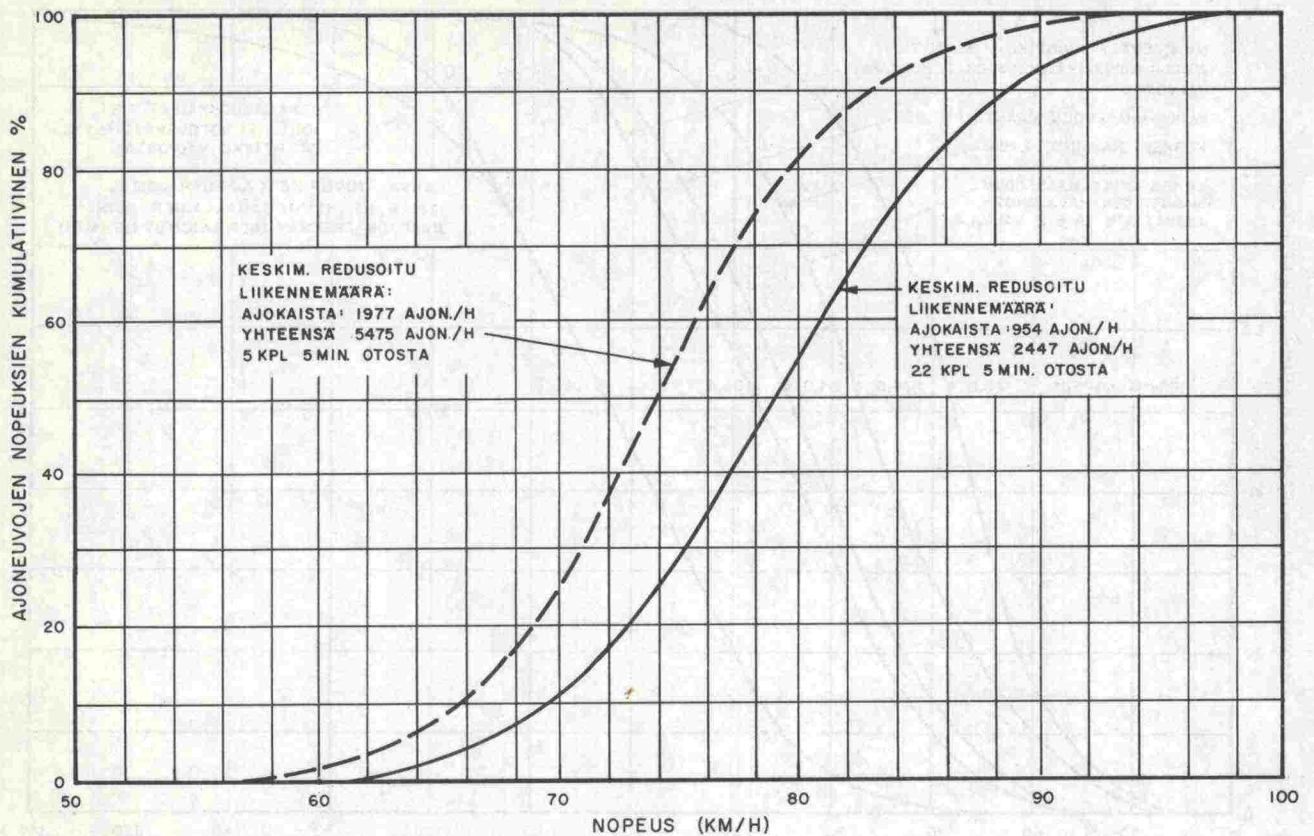
Liikennemäärien vaikutus nopeusjakautumaan on osoitettu kuvassa 3.25, joka on laadittu Detroitissa olevan John Lodge Expresswayn toisella kaisalla ajavien henkilöautojen nopeuksien perusteella (11). Kun kaistan keskimääräinen liikennemäärä oli 954 ajon./h, toisen kaistan keskimääräinen nopeus oli 79 km/h (49 mph) ja ajajista keskimääristen 70 prosentin nopeusvaihtelu 15.5 km/h (9.6 mph). Kun ajokaistan liikennemäärä kasvoi 1977 ajoneuvoksi tunnissa, keskimääräinen nopeus oli 74 km/h (46 mph) ja em. 70 prosentin vaihtelu 14.2 km/h (8.8 mph). Tähän liikennemäärän ja ajonopeuden riippuvuuteen perustuu eräs tässä käsikirjassa kehitetty kapasiteetin määrittämismenetelmä.

Kuvissa 3.26, 3.27 ja 3.28 on nopeuden ja liikennemäärän suhdetta kuvattu yleisesti eri tietyy-

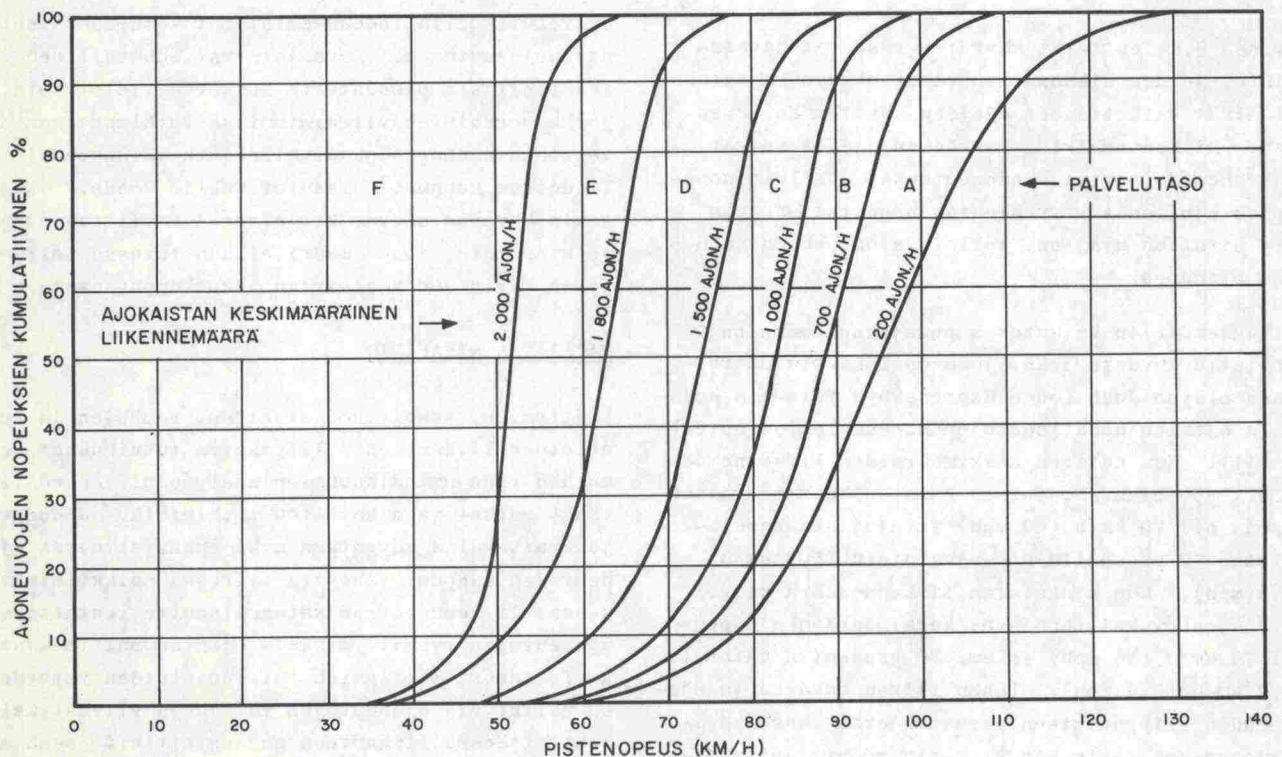
peillä (moottoriteillä sekä useampi- ja kaksikais- taisilla maanteillä). Kuvissa on osoitettu eri palvelutasoilla todennäköisimmät keskimääräiset nopeusjakautumat. Kuvaajat ovat suhteellisen ihanteellisia olosuhteita koskevia yleistystyksiä, jotka perustuvat viimeisimmässä tutkimuksessa havaittuihin nopeusjakautumiin ja keskinopeuksiin. Tiedot on koonnut Bureau of Public Roads. (Kusakin kuvassa olevat kirjaimet A–F viittaavat palvelutaseihin, jotka määritellään luvussa neljä ja joita käytetään käsikirjan koko loppuosassa).

MATKA- JA AIKAVÄLIT

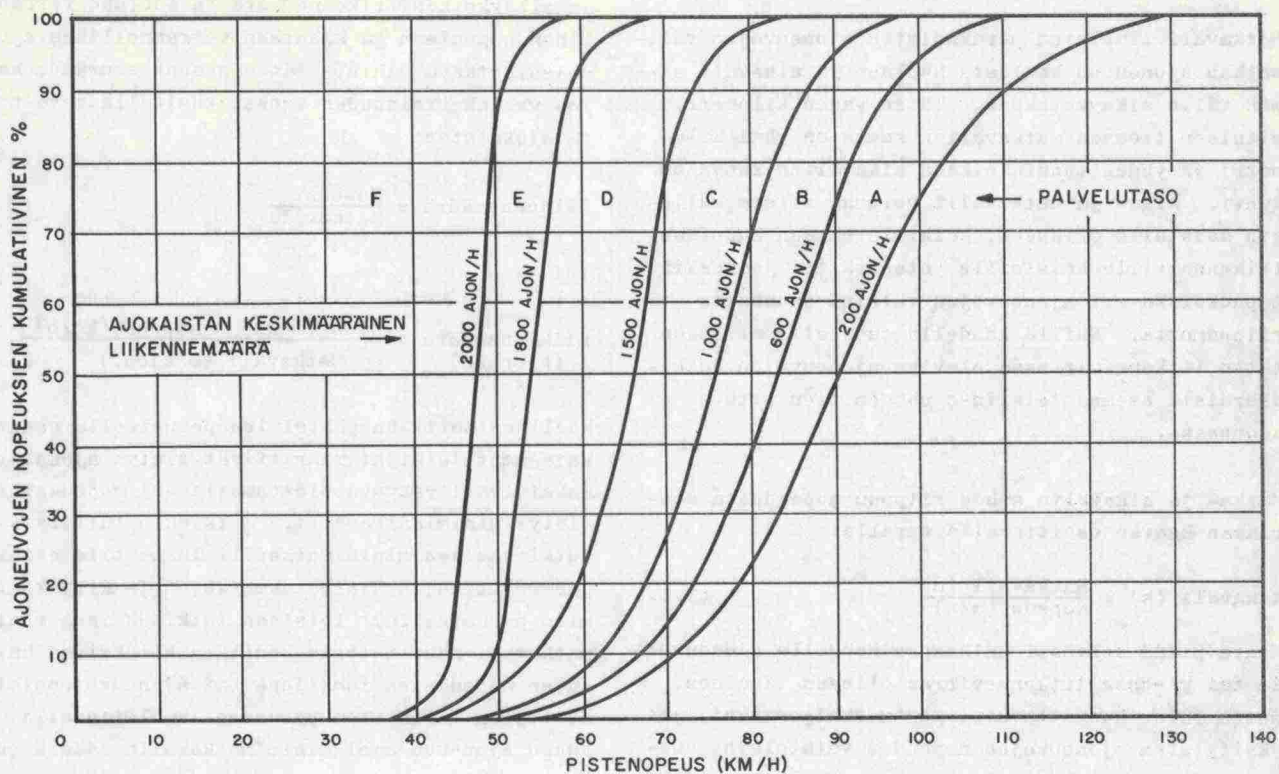
Liittymien, sekoittumisalueiden, ramppien ja tunnelien liikenteen välityskyvyn tutkimukset sekä muiden tien ominaisuuksien analysointi on edellyttänyt matka- ja aikavälien tutkimista. Ajoneuvojen matkaväliä käytetään myös ennustettaessa ajoneuvojen saapumistiheyttä tietyssä poikkileikkauksessa, liikennevirran satunnaisuutta testattaessa, ajoneuvojen ryhmittymiskaistojen suunnittelussa, arvioitaessa liittymien tai suojateiden yhteydessä esiintyviä ajoneuvojen välejä ja viivästyksiä, kehitettäessä liikenteen ohjauslaitteita sekä ajoitettaessa liikennevaloja. Seuraavasta esityksestä käynee ilmi, että matkaväli on merkittävä liikenteen käyttäytymiseen vaikuttava tekijä.



Kuva 3.25.
Henkilöautojen nopeusjakautumat pohjoiseen ja etelään suuntautuvien teiden keskimmaisilla ajokais-
toilla. Lodge Expressway, Detroit, 1957. (11)

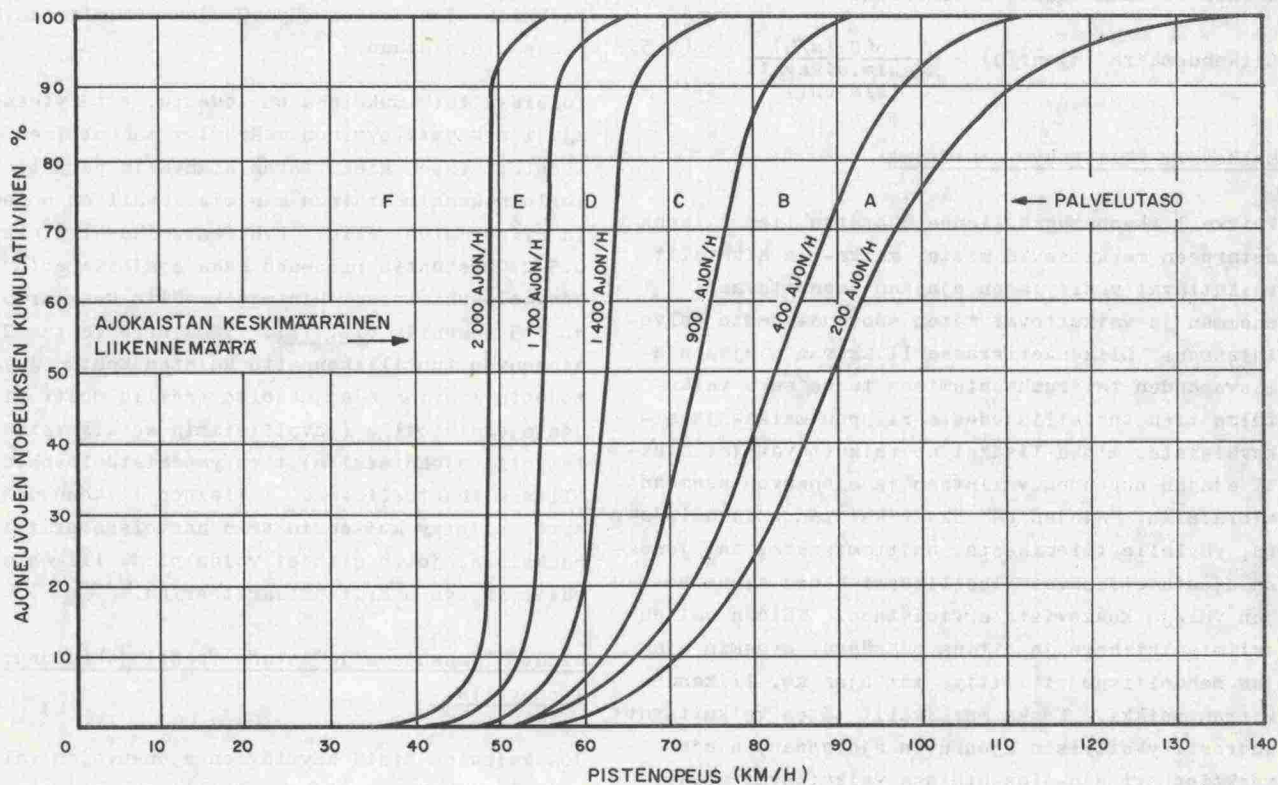


Kuva 3.26.
Henkilöautojen tyypillinen nopeusjakautuma yhteen ajosuuntaan ihanteellisissa katkeamattoman liikenne-
virran olosuhteissa moottoriteillä ja moottorikaduilla. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



Kuva 3.27.

Henkiläautojen tyypillinen nopeusjakautuma yhteen ajosuuntaan ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa monikaistaisilla maaseudun maanteillä. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



Kuva 3.28.

Henkiläautojen tyypillinen nopeusjakautuma molempiin ajosuuntiin ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa kaksikaistaisilla maaseudun maanteillä. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)

Matemaattiset riippuvuudet

Matkaväli ilmoittaa peräkkäisten ajoneuvojen väli-matkan ajoneuvon keulasta keulaan ja aikaväli sa-man välin aikayksikkönä. Täten yhden kilometrin pituisen tieosan matkavälien summa on yksi kilo-metri ja yhden tunnin aikana aikavälien summa on tunti. Aika- ja matkavälit voidaan mitata kulle-kin kaistalle erikseen, kaikille samaan suuntaan liikennöiville kaistoille yhteensä tai joissakin tapauksissa eri ajoneuvojen väleinä suunnasta riippumatta. Näillä kahdella suureella mitataan täten liikennevirrassa olevien ajoneuvojen keski-määräistä asemaa toisiinsa nähden tien pituus-suunnassa.

Matka- ja aikavälin suhde riippuu nopeudesta seu-raavan kaavan osoittamalla tavalla:

$$\text{Aikaväli (s)} = \frac{\text{Matkaväli (m)}}{\text{Nopeus (m/s)}} \quad (3.1.)$$

Kaava pitää selvästi paikkansa kahdelle ajoneuvol-le tai yleensä liikennevirran ollessa tasainen, mutta tulee huomattavasti monimutkaisemmaksi, jos yksityisten ajoneuvojen nopeudet vaihtelevat huo-mattavasti:

Matkavälin ja liikennetiheyden välinen suhde on seuraava:

$$\text{Liikennetiheys (ajon./km)} = \frac{1000 \text{ (m/km)}}{\text{Keskim.matkaväli (m/ajon.)}} \quad (3.2.)$$

Vastaava riippuvuus aikavälin ja liikennemäärän kesken voidaan ilmaista kaavalla:

$$\text{Liikennemäärä (ajon./h)} = \frac{3600 \text{ (s/h)}}{\text{Keskim.aikaväli (s/ajon.)}} \quad (3.3.)$$

Matkaväli välityskyvyn mittana

Vaikka liikennemäärä lienee määrätyn tien liikene-tarpeen merkitsevin mitta, matka- ja aikavälit vaikuttavat yksityiseen ajajaan huomattavasti enemmän ja vaikuttavat täten suoranaishemmin palve-lutasoon. Liikennevirrassa liikkuvan ajajan aja-misvapauden tai ruuhkautumisen tunne sekä vaiku-telma tien turvallisuudesta riippuu matka- ja ai-kaväleistä, minkä lisäksi ne vaikuttavat jatkuvas-ti ajajan nopeuden valintaan ja ajoneuvon asemaan ajoradalla. Ajajan päätökset kaistan vaihtamisesta, väylälle tulemisesta, ohittamisesta, tai jonos-sa ajosta riippuvat oleellisesti hänen ajoneuvo-jen välejä koskevista arvioistaan. Näiden välien esiintymistiheys ja pituus määräävät myöskin aja-jan mahdollisuudet liittyä tai ajaa ko. liikenne-virran poikki. Koska matkavälit täten vaikuttavat suuresti yksityisen ajoneuvon ajotapaan, ajajan reaktiot eri ajo-olosuhteissa vaikuttavat merkit-tävästi tien välityskykyyn.

Useissa teiden välityskykyä koskevissa aikaisemmis-sä tutkimuksissa käytettiin tietyn suuruista ajo-

neuvojen matkaväliä peruskriteerinä. Periaattees-sa aikayksikön liikennemäärä on suoraan verrannol-linen nopeuteen ja kääntäen verrannollinen ajoneu-vojen matkaväleihin. Täten saadua seuraava kaava, jos yksinkertaisuuden vuoksi käsitellään vain yh-tä ajokaistaa:

$$\text{Liikennemäärä} = \frac{\text{Nopeus}}{\text{Matkaväli}} \quad (3.4 \text{ a})$$

tai

$$\text{Liikennemäärä} = \frac{1000 \text{ (m/km)} \times \text{Nopeus (km/h)}}{\text{(ajon./h)} \quad \text{Matkaväli (m/ajon.)}} \quad (3.4 \text{ b})$$

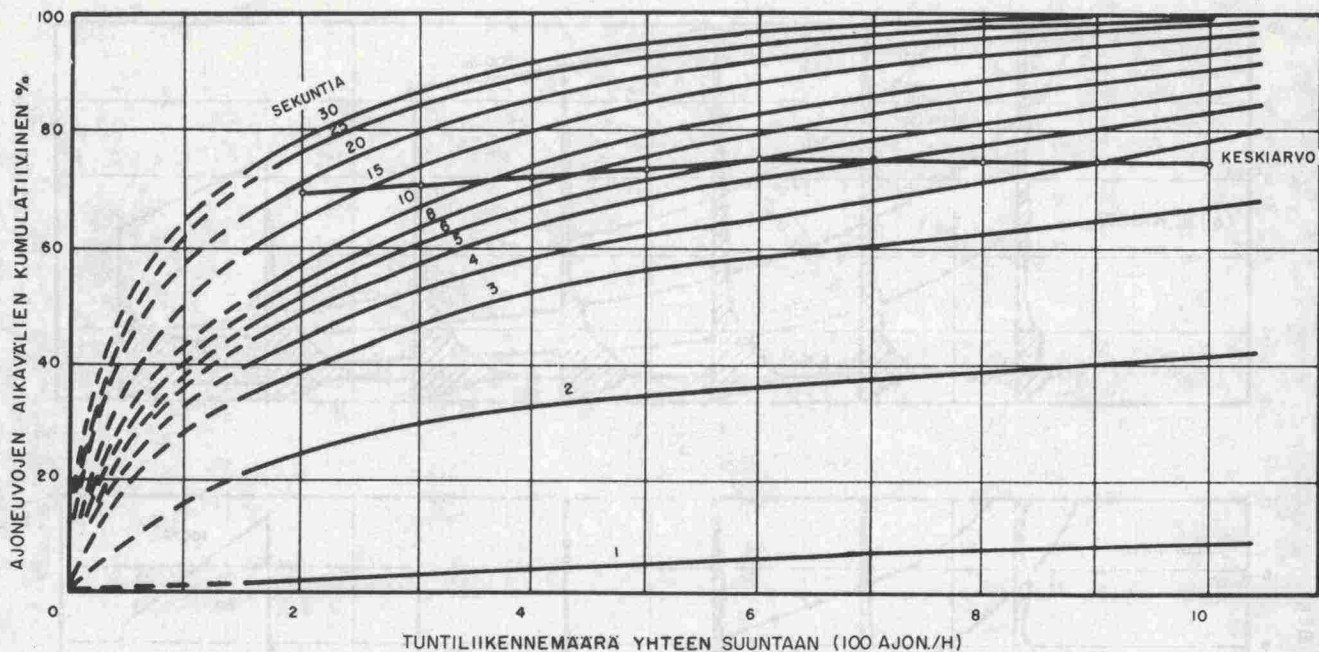
Edelläesitettyjen päätelmien perusteella useat ai-kaisemmat tutkijat määrittivät tietyn ajokaistan maksimivälityskyvyn olettamalla eri nopeuksille tietyt minimimatkavälit. Joissakin tällaisissa tutkimuksissa minimimatkaväli laskettiin esim. aja-jan reaktioajan, jarrutusmatkojen ja kitkakertoi-mien perusteella. Toisissa tutkimuksissa minimi-matkaväli määritettiin kenttätutkimuksissa havait-tujen nopeuksien funktiona tai ajoneuvojonoista otettujen valokuvien perusteella olettamalla, että kukin ajoneuvo ajoi minimimatkavälin päässä edel-lisestä.

Em. tutkimustyöstä esitettiin tämän käsikirjan al-kuperäislaitoksessa (1950) yhteenveto. Jotkut tu-loksista olivat huomattavan lähellä viime aikoina tehdyissä tutkimuksissa havaittuja nopeus-matkavä-lisuhteita erityisesti alhaisilla ajonopeuksilla. Useimmissa tapauksissa tehty tärkein olettamus oli, että maksimiliikennevirrassa kaikkien tai lähes kaikkien ajoneuvojen täytyy ajaa minimimatkavälin päässä toisistaan.

Toisissa tutkimuksissa on todettu, että yleensä ajajien käyttäytyminen määräytyy mahdollisen yh-teentörmäyksen aiheuttavan aikavälin perusteella, jolloin keskimääräinen minimiaikaväli on nopeudes-ta riippumaton vakio. Lyhimmät aikavälit ovat 0.5-2.0 sekuntia riippuen sekä ajajasta että lii-kenneolosuhteista. Minimiaikavälin keskiarvo on n. 1.5 sekuntia (12, 13). Tämä arvo vastaa 2.400 ajoneuvon tuntiliikennettä kaistaa kohti, joka on todettu lyhyinä ajanjaksoina eräillä moottoritei-den ajokaistoilla (tavallisimmin keskikaistan puo-leisella ajokaistalla) tien ympäristöolosuhteiden ollessa ihanteellisia. Tällainen liikennemäärän arvo esiintyy kuitenkin vain harvoissa erityista-pauksissa, joten sitä ei voida pitää liikenteen välityskyvyn määrittämiskriteerinä.

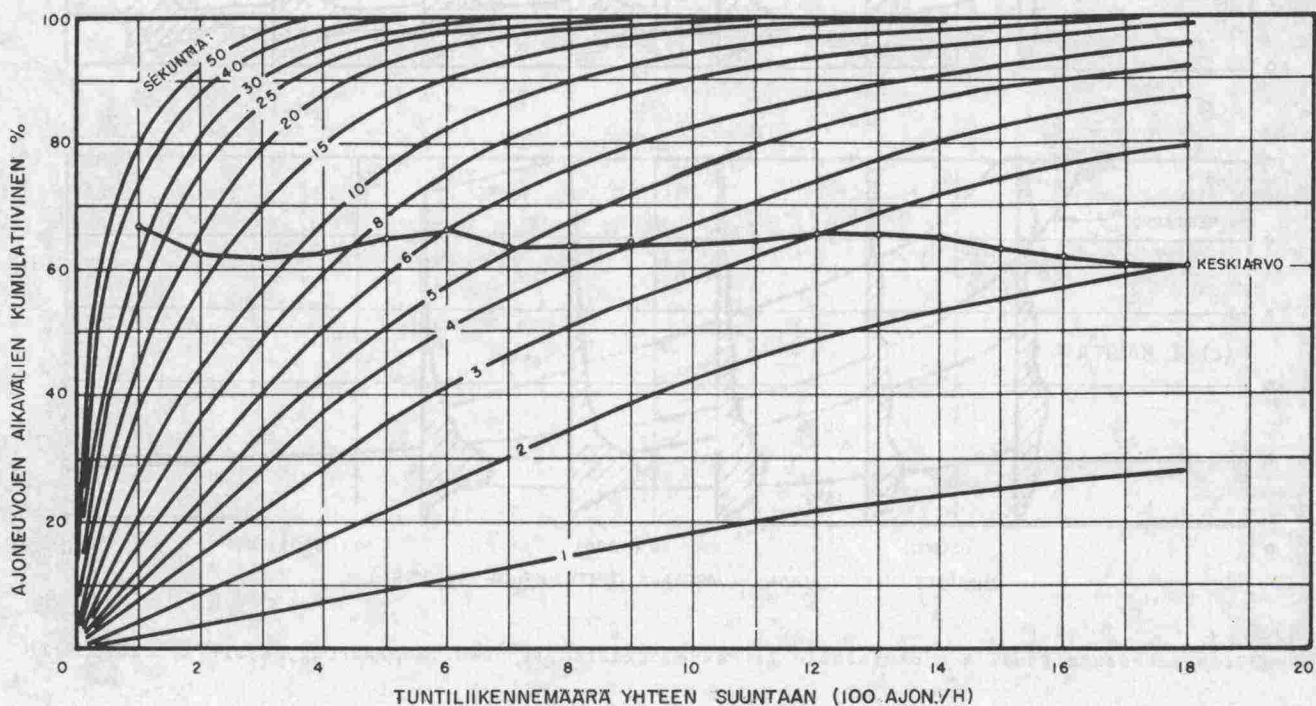
Aikavälajakautuma ja satunnaisesti jakautunut lii-kennevirta

Jos kaikkien tietä käyttävien ajoneuvojen välit olisivat yhtä suuret, maksimiliikennemäärien tai ruuhkautumisasteen määrittäminen olisi yksinker-taista. Ajoneuvojen aikavälit eivät kuitenkaan ole yhtä suuria, vaan jopa alhaisilla liikennemää-



Kuva 3.29.

Samaan suuntaan ajavien peräkkäisten ajoneuvojen aikavälien frekvenssijakautuma eri liikennemäärillä tyypillisellä kaksikaistaisella maaseudun maantiellä. (43)



Kuva 3.30.

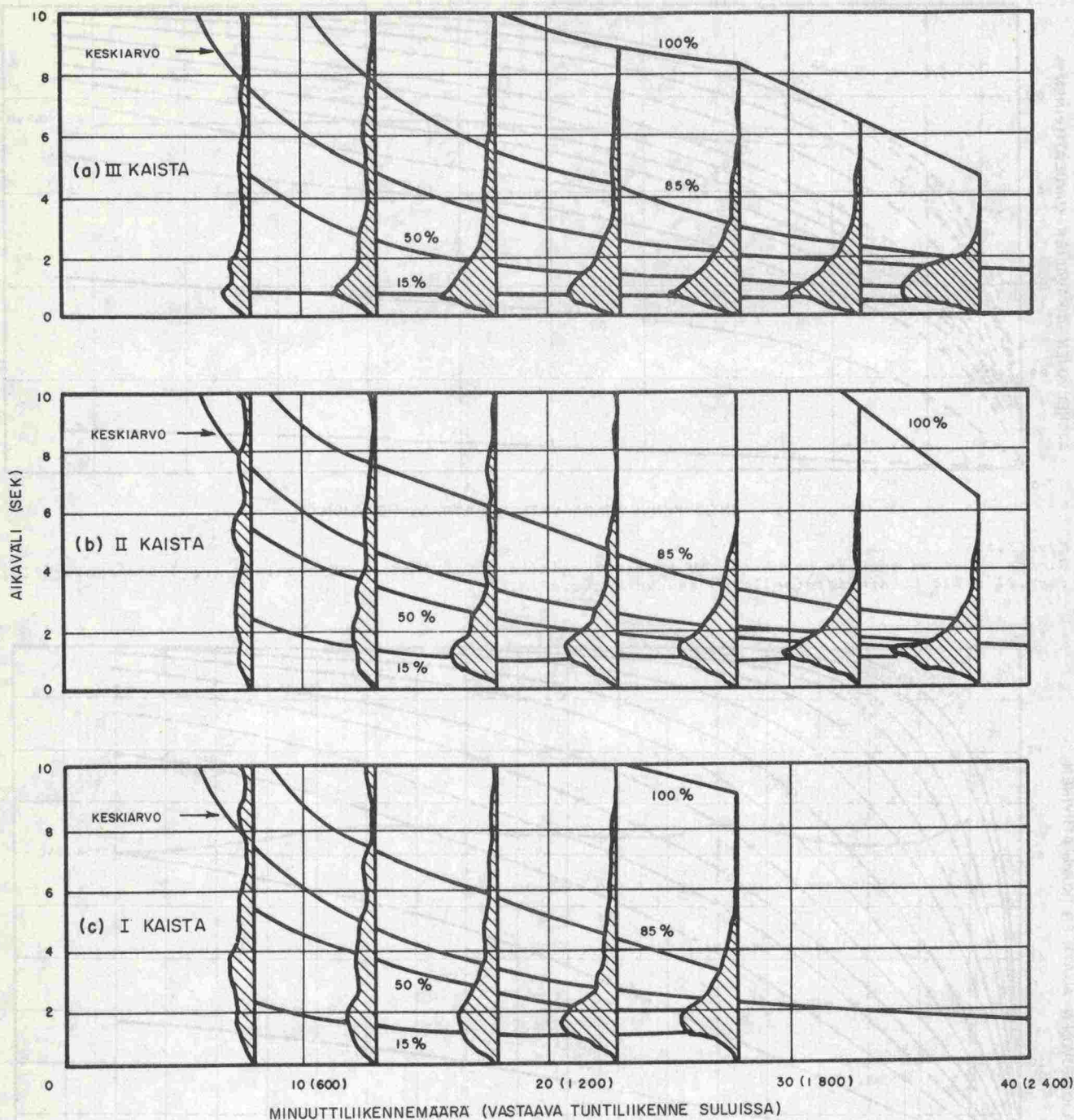
Samaan suuntaan ajavien peräkkäisten ajoneuvojen aikavälien frekvenssijakautuma eri liikennemäärillä tyypillisellä nelikaistaisella maaseudun maantiellä. (43)

rillä ajoneuvoista helposti muodostuu ryhmiä. Jo-
kaista liikennemäärää vastaa keskimääräinen aika-
väli. Yksityisten ajoneuvojen väliset aikavälit
vaihtelevat kuitenkin huomattavasti, jolloin mo-
net ajoneuvot muodostavat lyhyin aikavälein aja-
via jonoja, kun taas toisia ajoneuvoja erottavat
verrattain pitkät ajanjaksot.

Kuvissa 3.29 ja 3.30 on esitetty samaan suuntaan
liikennöivien ajoneuvojen aikavälien jakautuma eri
liikennemäärillä katkaisemattoman liikennevirran
olosuhteissa tyypillisillä kaksi- ja nelikaistai-

silla maaseudun maanteillä. Lähes kaikissa lii-
kennemääräryhmissä oli n. kahdella kolmasosalla
ajoneuvoista aikaväli enintään keskimääräisen ai-
kavälin suuruinen. Esim. kuvasta 3.30 voidaan to-
deta, että yhden suunnan liikennemäärän ollessa
600 ajoneuvoa (keskim. aikaväli 6 sekuntia) n. 400
ajoneuvolla aikaväli edelliseen on korkeintaan 6
sekuntia.

Michiganin moottoriteitä koskevassa tutkimuksessa
aikavälitiedot esitettiin jonkin verran edellis-
tä poikkeavalla tavalla (3). Kuvassa 3.31 on ai-



Kuva 3.31.

Aikavälien jakautuma yhdellä ajokaistalla liikennemäärästä riippuen. Expressway, Detroit, 1957. (21)

kavälien jakautuma esitetty kullekin Edsel Ford Expresswayn kaistalle erikseen yhden minuutin liikennemäärien perusteella. Kuvassa on käyrillä esitetty keskimääräinen aikaväli sekä 15, 50, 85 ja 100 prosentin arvot kunkin kaistan erisuurilla yhden minuutin liikennemäärillä. Ajokaistojen yhden minuutin liikennemäärät ryhmiteltiin seitsemään ryhmään (6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30, 31-35 ja 36-40 ajon./min) ja kuvien varjostettu alue esittää kunkin ryhmän aikavälien jakautuman. Kolmannella kaistalla jakautuman huippu on välillä 0.6-1.0 sekuntia, kun taas ensimmäisellä kaistalla jakautuman huippu esiintyy välillä 1.5-2.0 sekun-

tia. Yhden minuutin liikennemäärän kasvaessa aikavälien jakautuma tulee jyrkemäksi ja sen huippu välillä 0.5-2.0 sekuntia selvemmäksi.

Kun nämä tiedot yhdistettiin muilta Michiganin monikaistaisilta teiltä saatujen tietojen kanssa (5), todettiin, että kaikissa tapauksissa jakautuman huippu (useimmin esiintyvä arvo) oli pienempi kuin mediaani (jota suurempia ja pienempiä arvoja on yhtä paljon) ja että mediaani oli pienempi kuin keskimääräinen aikaväli. Noin kaksi kolmasosaa (64-69 %) aikaväleistä oli keskimääräistä aikaväliä pienempiä, mikä vastaa kuvan 3.30 tietoja.

Ajoneuvoyälien peruspiirteiden tarkka kuvaus tapahtuu parhaiten matemaattisessa muodossa. Määrätyissä olosuhteissa ajoneuvovälit eli saapuvien ajoneuvojen määrä aikayksikössä tietyssä pisteessä seuraavat satunnaisjakautumaa; ts. kunkin ajoneuvon asema on riippumaton kaikista muista ajoneuvoista ja yhtä pitkällä tieosuuksilla on yhtä todennäköisesti sama määrä ajoneuvoja. Tällaista jakautumaa kuvaa Poisson-jakautuma:

$$P(x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (3.5.)$$

jossa

$P(x)$ = x havainnon esiintymistodennäköisyys

x = havaintojen lukumäärä

e = luonnollisen logaritmin kantaluku (= 2.7183)

m = havaintojen lukumäärän odotusarvo

Poisson-jakautuma on käyttökelpoisin käsiteltäessä epäjatkuvia suureita, kuten esim. saapuvien ajoneuvojen lukumäärää määrättyä aikajaksona. Ajoneuvojen aikavälijakautuma on jatkuva suure ja luonteeltaan eksponentiaalikäyrä. Tällainen eksponentiaalijakautuma, joka on johdettu Poisson-jakautumasta, ja joka osoittaa todennäköisyyden sille, ettei yhtään ajoneuvoa ohita havaintopistettä määrättyä ajanjaksona, voidaan esittää muodossa:

$$P(h \geq t) = e^{-qt} \quad (3.6.)$$

jossa

$P(h \geq t)$ = todennäköisyys, että aikaväli on yhtä suuri tai suurempi kuin t

h = aikaväli sekunneissa

t = ajanjakso sekunneissa

q = liikennemäärä sekunnissa

Kuvassa 3.32 esitetty käyrä vastaa laskettua eksponentiaalista jakautumaa, mutta kuvassa esitetyt pisteet on saatu kuvista 3.29 ja 3.30 kaksi- ja nelikaistaisilla maaseudun maanteilla, joiden liikennemäärä on 500 ajon./h. Tällä liikennemäärällä Poisson-jakautuma kuvaa hyvin neljakaistaisia teitä, mutta ei kaksikaistaisia teitä.

Vaikka Poisson-jakautumalla voidaan estimoida liikennevirrassa esiintyvien aikavälien jakautumaa, kaksi tekijää rajoittaa sen suoraa soveltamista. Ensinnäkin teoreettinen käyrä jakaa aikavälit jatkuvasti koko vaihtelualueelle, vaikka käytännössä esiintyy luonnollisesti minimiaikaväliä, jota ei voida alittaa. Lukuunottamatta monikaistaisia teitä, joilla kaksi eri kaistoilla olevaa ajoneuvoa voi liikennöidä samaan suuntaan hyvin pienin aikaväleihin, ei ajoneuvojen väli voi olla noin 0.5 sekuntia tai yhdeksää metriä pienempi, koska kuhunkin väliin pitää sopia yksi ajoneuvo. Kaksikaistaisen teiden tietojen huono sattuminen kuvassa 3.32 esitetylle käyrälle osoittaa toisen Poisson-jakautuman puutteen; ajoneuvojen keskittymisen lyhyiden aikavälien ryhmiin ajoneuvojonoista joh-

tuen. Liikennemäärän kasvaessa yhä useammat ajoneuvot ajavat hyvin lähellä edellistä, koska ne saavuttavat, mutta eivät voi ohittaa hitaammin liikkuvia ajoneuvoja. Tällainen jonomuodostus on vallitseva kaksikaistaisilla teillä, mutta se saattaa muodostua merkitseväksi tekijäksi myös useampikaistaisilla teillä liikennemäärien ollessa korkeita.

Eri tutkijat ovat ehdottaneet useita Poissonin perusjakautuman muunnelmia näiden puutteiden korjaamiseksi. Eräänä ehdotuksena on esitetty eksponentiaalikäyrän yhdensuuntaissiirto jonkin matkan päähän origotasosta, jolla poistettaisiin minimiaikaväliä pienemmät arvot (14). Jonomuodostuksen tai ajoneuvoryhmien vaikutuksen huomioon ottamiseksi on ehdotettu erilaisista eksponentiaalikäyristä yhdistettyä jakautumakuvaajaa (15, 16). Teoreettisesti on esitetty, että liikennevirta muodostuu sekä vapaasti liikkuvista että toisten ajoneuvojen häiritsemistä ajoneuvoista, joista kumpikin ryhmä muodostaa oman Poisson-jakautuman.

Nämä erilliset jakautumat (16) voidaan esittää yhtenä muuttujana kaavalla:

$$p(h \geq t) = (1-\alpha) e^{-(t-\lambda)/(T_1-\lambda)} + \alpha e^{-(t-\tau)/(T_2-\tau)} \quad (3.7.)$$

jossa

$p(h \geq t)$ = todennäköisyys sille, että aikaväli $h \geq$ ajanjaksot

α = toisten ajoneuvojen häiritsemien ajoneuvojen suhteellinen osuus liikennemäärästä

$(1 - \alpha)$ = vapaasti liikkuvien ajoneuvojen suhteellinen osuus liikennemäärästä

T_1 = vapaasti liikkuvien ajoneuvojen keskimääräinen aikaväli

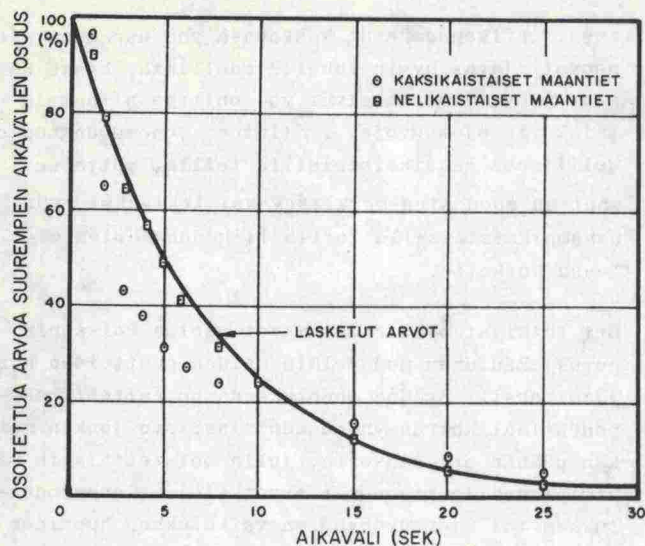
T_2 = häiriytyneitten ajoneuvojen keskimääräinen aikaväli

λ = vapaasti liikkuvien ajoneuvojen minimiaikaväli

τ = häiritettyjen ajoneuvojen minimiaikaväli

e = luonnollisten logaritmien kantaluku (= 2.7183).

Edellä esitettyä yhteisjakautumaa on käytetty viimeaikaisissa liikennevirran tutkimuksissa kaksikaistaisilla kaupunkialueiden kaduilla (16, 17). Kuvassa 3.33 on edellä esitetty yhteisjakautuma sovitettu kumulatiivisesti kaksikaistaisella kaupunkikadulla tehdyn 585 havainnon perusteella saatuihin kokeellisiin arvoihin liikennemäärien vaihdellessa välillä 150-1200 ajon./h (17). Havaintoarvot on esitetty pienillä ympyröillä ja havaintotiedoista laskettujen muuttujien perusteella määriteltä kuvaaja on esitetty yhtenäisellä viivalla. On huomattava, että toisten ajoneuvojen häiritsemä ajoneuvoja koskevat havainnot ovat merkitseviä ainoastaan sillä kuvaajan osalla, jolla aikavälit ovat alle kuusi sekuntia.

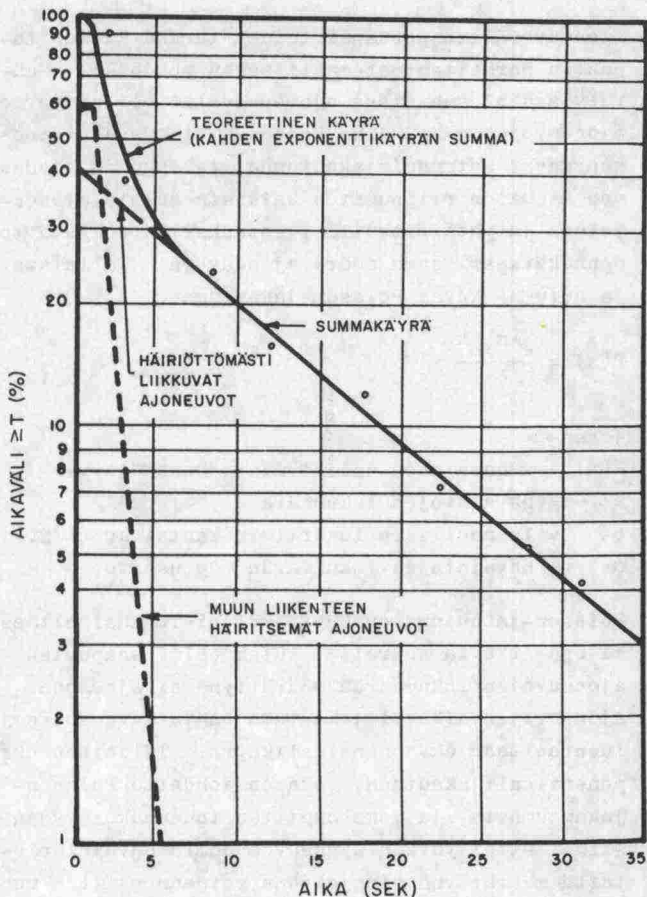


Kuva 3.32.
Lasketut ja havaitut aikavälit tyypillisillä kaksi- ja nelikaistaisilla maanteilla liikennemäärän ollessa 500 ajon. yhteen suuntaan. (Määritetty kuvien 3.29 ja 3.30 perusteella.)

Myös muissa liikenteen ajoneuvovälien tutkimuksissa on liikennevirta jaettu vapaasti liikkuviin ja häiriittyihin ajoneuvoihin. Kun on tehty kokeita seuraamalla autoja liikenteessä, on todettu, että kahden peräkkäisen ajoneuvon käyttäytymisen korrelaatio vähenee nopeasti niiden välimatkan kasvaessa yli 60 metrin ja korrelaatio on tuskin havaittava välimatkan ollessa yli 150 metriä (18, 19). Tämän käsikirjan alkuperäislaitoksessa (1950) käsitellyissä aikaisemmissa tutkimuksissa todettiin, että jos aikaväli oli suurempi kuin yhdeksän sekuntia, eivät peräkkäiset ajoneuvot vaikuttaneet toisiinsa.

Alkuperäisen tai modifioidun Poisson-jakautuman perusteella laskettu aikavälijakautuma on varsin käyttökelpoinen monissa liikenteen tutkimuksissa. Esimerkkinä mainittakoon eri liikennemäärillä suoritettu havaittujen ja teoreettisten aikavälijakautumien vertailu. Huomattava poikkeama satunnaisjakautumasta tai ajoneuvojen suuren osan liikennöinti häiriytyneillä aikaväleillä osoittavat liikennevirran olevan jossakin määrin ruuhkautunut.

Toisena sovellutuksena voidaan mainita liikennevirrassa olevien aukkojen lukumäärän ja pituuden arviointi jalankulkijoiden ylityskohdissa tai ajoneuvojen liittymiskohdissa. Käytännössä suunnittelukriteerien ja liikenteen ohjauslaitteiden sijoittamisen tulisi riippua tien toimintakyvystä eri liikennemäärillä. Kun auton ajaja haluaa pysähdyksen jälkeen ajaa poikittaisen liikennevirran läpi, hän valitsee pääliikennevirrassa olevan mielestään riittävän aukon ylitystä varten. Kaliforniassa on tutkittu maaseudulla sijaitsevia nelikaistaisia maanteita ja laadittu kuvaajat odotusaikojen todennäköisyydestä jommasta kummasta suunnasta saapuvien ajoneuvojen eri suuruisten saapumisväliaikojen funktiona. Kuvassa 3.34 on esitet-



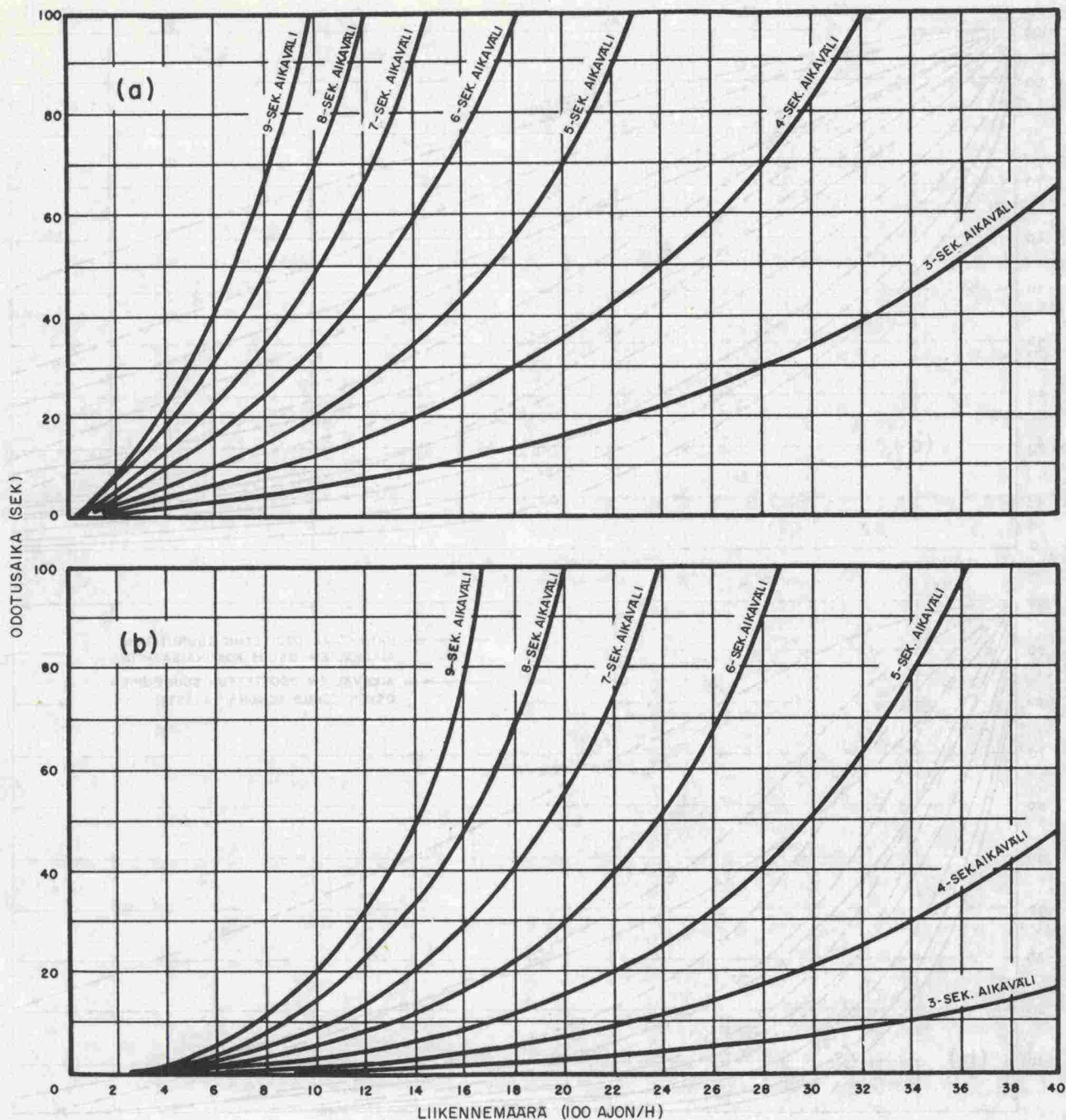
Kuva 3.33.
Lasketut ja havaitut aikavälit kaksikaistaisella kaupunkialueen kadulla. (16)

ty 2 diagrammia, joissa on esitetty eri suuruksilla aikaväleillä odotusajat, joiden esiintymistodennäköisyys kullakin liikennemäärällä on 95 % ja 50 %.

Kuvassa 3.35 on esitetty eri liikennemäärillä vähintään tietyn pituisten aikavälien prosenttiosuus kokonaisajasta sekä aikavälien annetun arvon ylittävien osien prosenttiosuus kokonaisajasta. Kuvaaajissa esitetyt tiedot perustuvat tyypillisillä kaksi- ja nelikaistaisilla maaseudun teillä tehtyihin havaintoihin. Vaikka kuvaajien lähtökohdista olevat tiedot on kerätty 1940-luvun alussa, ovat ne osoittautuneet jatkuvasti paikkansa pitäviksi, ja sisällyttämällä ne tähän teokseen on pyritty osoittamaan tiettyjen liikenteen peruspiirteiden ennallaan säilyminen.

Pysähdyksen vaikutus aikaväleihin

Aikavälien frekvenssijakautuma poikkeaa luonnollisesti huomattavasti satunnaisjakautumasta liikennevirran pysäyttävissä kohdissa tai niistä alavirtaan esimerkiksi liikennevalojen yhteydessä. Liikennevalon kohdalla muodostuu kaikista ajoneuvoista yksi ryhmä, joka pysähdyksen jälkeen lähtee liikkeelle häiriytyneissä olosuhteissa. Ryhmän edetessä tiellä aika- ja matkavälit alkavat tavallisesti muodostua. Ellei liikennevirta joudu uudelleen pysähtymään, on aikavälien jakautuma satunnainen jonkin matkaa pysähdyksen jälkeen.

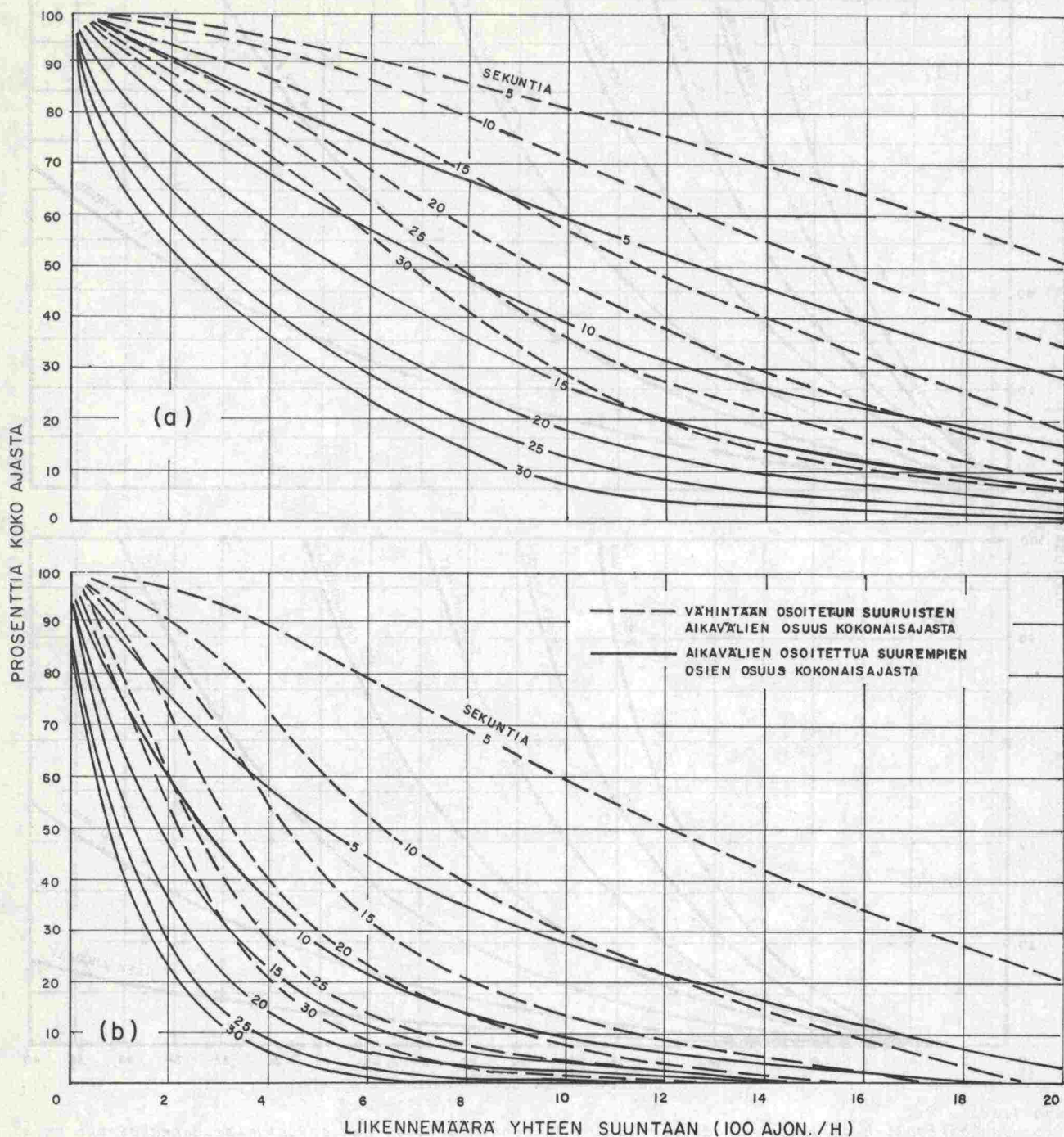


Kuva 3.34. Tiettyjen aikavälien edellyttämä odotusaika eri liikennemäärillä, kun esiintymistodennäköisyys on a) 95 % ja b) 50 %. (44)

Kuvassa 3.36 on esitetty saapuvien ajoneuvojen frekvenssijakautuma useissa eri pisteissä määrätyn liikennevalon jälkeen nelikaistaisella kaksiajorataisella kaupunkialueen tiellä Kaliforniassa. Vaikka tutkitulla tieosalla oli useita pikkukatu-
jen liittymiä, oletettiin liikennevirran olevan katkeamaton tutkittavalla väyläosalla liikennevalon jälkeen. Etäisyyden liikennevaloon kasvaessa ajoneuvoryhmä hajaantui, koska keskimääräistä nopeammin ja hitaammin liikkuvat ajoneuvot erkaantuivat ryhmästä. Ajoneuvojen todettiin myös pyrkivän vaihtamaan kaistaa etäisyyden liikennevaloon kasvaessa. Toisessa, Michiganissa tehdys-
sä tutkimuksessa (20) todettiin, että ajoneuvoryhmän hajaantuminen voitiin kuvata yksinkertaisella kinemaattisella mallilla. Mallissa oletettiin,

että ajoneuvoryhmän autot ajoivat tietyn keskinopeuden molemmiin puolin normaalisti jakautuneilla vakionopeuksilla. Kokeelliset tulokset osoittivat, että malli kuvaa tarkasti ajoneuvoryhmän hajaantumista keskimääräisillä liikennemäärillä, kun virta etenee ulkopuolisten tekijöiden häiritsemättä sitä.

Pysähdysten aikajakautumaan kohdistuvien vaikutusten tunteminen on välttämätöntä monissa liikennesuunnittelun tehtävissä. Liikennevalot vaikuttavat esimerkiksi niistä alavirtaan esiintyvien liikennevirran aukkojen jakaumaan, joiden aikana jalankulkijat tai ajoneuvot voivat joko liittyä liikennevirtaan tai kulkea sen poikki. Toisaalta ajoneuvoryhmien tulisi pysyä koossa progressiivi-



Kuva 3.35.

Samaan suuntaan ajavien ajoneuvojen erilaisten aikavälien prosenttiosuus koko ajasta ja aikavälien tiettyä arvoa suurempien osien prosenttiosuus koko ajasta a) tyypillisillä kaksikaistaisilla maaseudun maanteilla ja b) tyypillisillä nelikaistaisilla maaseudun maanteilla. (45)

sisä liikennevalojärjestelmissä. Em. havaintojen soveltamiskohteiden sijainti ja olosuhteet vaihtelevat niin paljon, ettei tiukkoja käyttökriteereitä voida esittää varsinkaan kun tietyllä väyläosalla liikennevirtaan liittyvät, siitä poistuvat tai siinä virheellisesti ajavat ajoneuvot aiheuttavat poikkeamia normaaleista käyttäytymismuodoista.

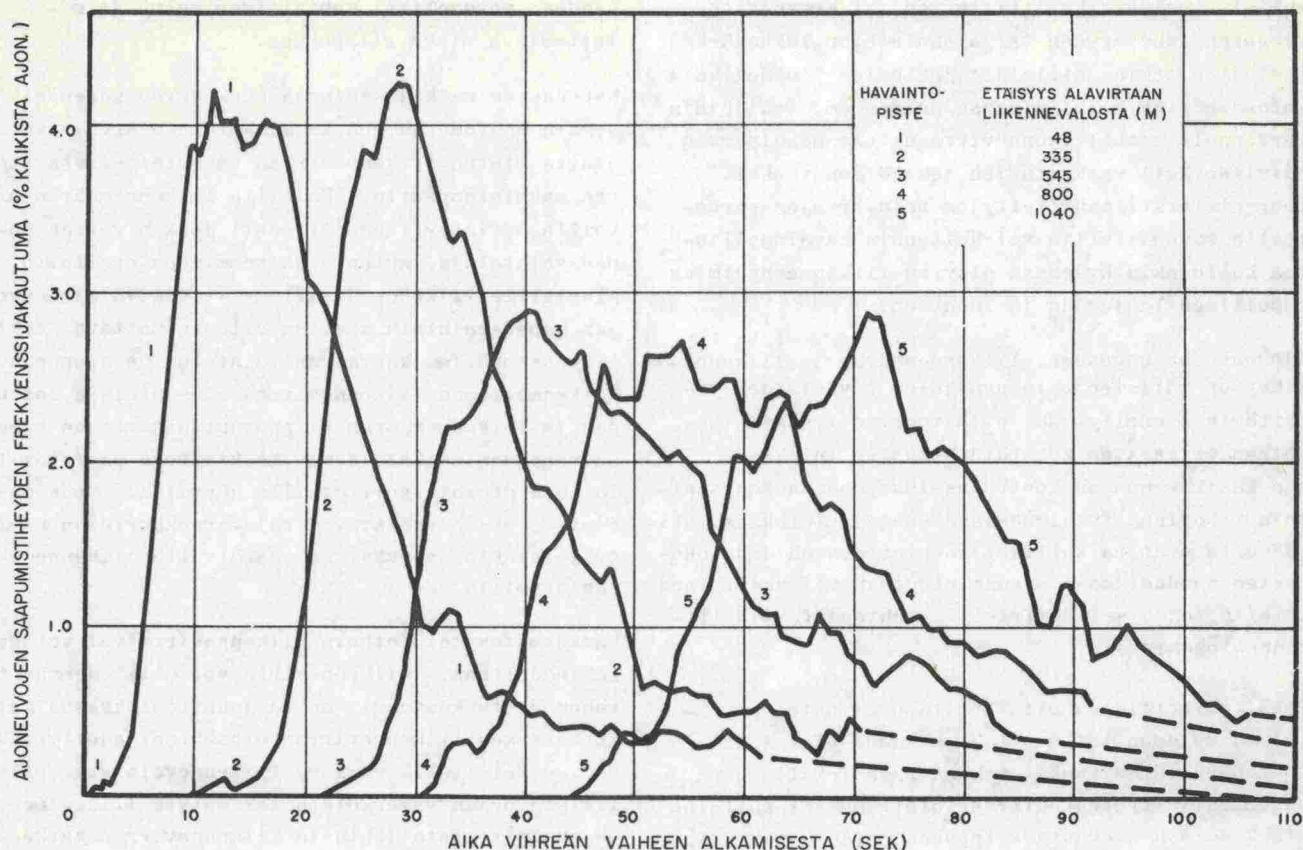
Ajoneuvotiheys ajo-olosuhteiden mittana

Kuten aikaisemmin todettiin, ajoneuvojen välit voidaan esittää myös liikennetiheyden avulla:

$$\text{Liikennetiheys} = \frac{1}{\text{Keskim. matkaväli (tien pit. yks./ajon.)}}$$

Ajoneuvotiheyden dimensiosta (ajoneuvoa/tietty matka) todetaan, että se kuvaa tietyllä tieosuudella vallitsevia olosuhteita eikä tietyssä poikkeikkauksessa esiintyvää tilannetta. Sensijaan aikaväli kuvaa tietyn pisteen olosuhteita.

Luvussa 2 esitetyn määritelmän mukaan nopeuksien matkajakautuman keskiarvolla tarkoitetaan kaikkien tietyllä tieosuudella määrättyä ajankohtana olevien ajoneuvojen nopeuksien keskiarvoa. Ajoneuvotiheys kuvaa tietyllä tieosuudella olevien ajoneu-



Kuva 3.36.

Ajoneuvojen saapumisaikojen frekvenssijakautuma viidessä liikennevalon jälkeen sijaitsevassa havain-
topisteessä. Kalifornia. (46)

vojen lukumäärää myös tiettyinä ajankohtana. Jos näissä molemmissa käytetään vertailukelpoisia dimensioita (ajoneuvotiheys = ajon./km ja matkajakautuman keskiarvo = km/h), saadaan niiden tulona liikennemäärän hetkellinen arvo. Täten voidaan esittää seuraava perusyhtälö:

Hetkellinen liikennemäärä (ajon./h) = Matkajakautuman keskiarvo (km/h) \times Liikennetiheys (ajon./km)

Tällä tavoin saatu liikennemäärän arvo vastaa havaintoajankohtaa, vaikka sen dimensiona käytetään ajon./h.

Nopeuden, liikennemäärän ja ajoneuvotiheyden riippuvuuksia käsitellään tarkemmin myöhemmin tässä luvussa. Kukaan näistä tekijöistä kuvaa merkittävästi ajo-olosuhteita ja ne on otettava huomioon liikenteen välityskyvyn laskentaperusteita määrittäessä.

NOPEUDEN, LIIKENNEMÄÄRÄN JA LIIKENNETIHEYDEN RIIP- PUVUDET

Seuraavassa käsitellään laajemmin aikaisemmin esiteltyjä nopeuden, liikennemäärän ja ajoneuvovälien käsitteitä, sekä tehdään niistä yhteenveto. Näistä tekijöistä kunkin vaikutuksia muihin tarkastellaan erikseen mikäli mahdollista; siis esimerkiksi liikennemäärän vaikutusta nopeuteen siten, että muut muuttujat pysyvät vakioina. Joskin tällainen teoreettinen tutkimusmenetelmä on vaikea, on useis-

sa tutkimuksissa onnistuttu menetelmän käytössä verraten hyvin.

Liikenteen tutkimuksissa on yhä menestyksellisemmin sovellettu erilaisia fysiikan, dynamiikan, hydraulikan ja muiden fysikaalisten tieteiden lakeja. Tietokoneilla liikennevirtaa voidaan simuloida yhä realistisemmin ja näitä simulointeja voidaan käyttää tiettyjen tutkimusten perusteina. Todennäköisyysjakautumien perusteella voidaan ennustaa määrätyn ajajajoukon käyttäytymistä erilaisissa olosuhteissa. Liikennevirrassa ajajat tai ympäristötekijöiden vaikutukset eivät kuitenkaan ole homogeenisia, eikä liikennevirtaa voida matemaattisesti kuvata täsmällisesti. Tähän mennessä on kuitenkin onnistuttu laatimaan joitakin erikoistilanteita koskevia käytännöllisiä sovellutuksia.

Tietokoneella tai ilman sitä laaditut teoreettiset tutkimusmenetelmät ovat kuitenkin varsin hyödyllisiä, koska ne osoittavat ylimalkaan minkälaisia havaintoja varsinaisissa kenttätutkimuksissa todennäköisesti tehdään tai simuloivat ihanneolosuhteita, jotka hyvin harvoin esiintyvät käytännössä. On esimerkiksi varsin ilmeistä, että harvoin, jos ketkään tutkijat ovat koskaan onnistuneet tekemään havaintoja todella "ihanteellisista" liikennevirroista kaupunkialueiden moottoriteillä. Lähes kaikki kaupunkialueita koskevat tutkimustulokset, joita tätä kirjaa laadittaessa käytettiin, kuvasivat jossakin määrin erityisolo-

suhteita esimerkiksi liittyvien tai erkanevien ramppien läheisyyden tai ajokaistojen lukumäärän muutosten takia, silloista johtuvien "tunnelivai-
kutusten" takia tai yleensä muiden em. tekijöihin verrannollisten liikennevirtaan todennäköisimmin häiritsevästi vaikuttavien tekijöiden vuoksi.

Teoreettisesti määriteltujen raja-arvojen perusteella suunnittelija voi kuitenkin havainnollistaa kulloinkin kyseessä olevien liikenneongelmien todellisen laajuuden ja luonteen.

Ajoneuvojen nopeuden, liikennemäärän ja liikennetiheyden välisten riippuvuuksien täydellinen ymmärtäminen edellyttää, että teorian lisäksi tunnetaan erilaisten kenttätutkimusten tulokset. Tähän käsikirjaan on koottu useissa kautta Yhdysvaltoja tehdyissä tutkimuksissa saatuja tuloksia. Lisäämällä omat paikalliset havaintonsa näiden kokemusten muodostamaan perustietoutteen voi yksityinen tutkija tehdä selväpiirteisiä johtopäätöksiä liikenneolosuhteista.

Sekä teoreettisten että kenttätutkimusten yhdistelmää voidaan täten pitää parhaana yleiskäyttökohtana. Tämän vuoksi seuraavassa tekstissä on ensin esitetty teoreettiset oletukset kulloinkin kyseessä olevasta riippuvuudesta, minkä jälkeen esitetään joitakin kenttätutkimustuloksia, jotka näyttävät tukevan teoriaa. Lisäksi viitataan usein lisätutkimuksiin yksityiskohtien selvittämiseksi. Tilan säästämiseksi käytetään joissakin tapauksissa lyhennyksiä. Riippuvuudet käsitellään seuraavassa järjestyksessä: nopeus-liikennemäärä, nopeus-liikennetiheys ja liikennemäärä-liikennetiheys.

Nopeuden ja liikennemäärän riippuvuudet

Seuraavassa käsitellään ainoastaan nopeuden ja liikennemäärän tärkeimpiä riippuvuuksia. Koska kirjan loppuosassa käsiteltävät liikenteen välityskyvyn ja palvelutason määrittämiskriteerit perustuvat valtaosaltaan näihin riippuvuuksiin, käsitellään niitä yksityiskohtaisemmin asianomaisissa kohdissa seuraavissa luvuissa.

Katkeamaton liikennevirta

Tietyn ajoneuvojoukon nopeuden ja liikennemäärän perusriippuvuus voidaan esittää yksinkertaisesti seuraavasti: Liikennemäärän kasvaessa liikenteen nopeuden matkajakautuman keskiarvo alenee. Tämä pitää paikkansa häiriytymättömän liikennevirran olosuhteista aina kriittiseen liikennetiheyteen eli maksimiliikennemäärää vastaavaan tiheyteen asti. Tästä eteenpäin riippuvuus ei kuitenkaan pidä paikkaansa, koska liikennetiheyden edelleen kasvaessa sekä liikennemäärä että nopeuksien matkajakautuman keskiarvo alenevat. Riippuvuutta voidaan soveltaa määrätyillä tieosuuksilla, mutta ei poikkileikkauksissa. Aivan lyhyillä tieosuuksilla tulokset saattavat olla virheellisiä, mutta pitemmillä tieosuuksilla

saadaan normaalisti kohtalaisen selvä ja mittavissa oleva riippuvuus.

Nopeuksien matkajakautuman keskiarvo, kuten aikaisemmin on todettu, on keskimääräinen arvo eikä osoita tietyn liikennevirran saavutettavissa olevaa maksiminopeutta. Kaikilla liikennemäärän arvoilla esiintyy luonnollisesti jonkin verran nopeusvaihteluja, kuten aikaisemmin on osoitettu. Alhaisilla liikennemäärillä yksityisten ajoneuvojen nopeusvaihtelu saattaa olla huomattava, mutta liikennemäärien kasvaessa vaihtelualue suppenee. Katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa nopeuden ja liikennemäärän riippuvuutta kuvataan yleensä nopeuden matkajakautuman keskiarvoja yhdistävillä havaintoihin sovitetuilla käyrillä. Myös maksiminopeuksia yhdistäviä raja-arvokäyriä on käytetty joissakin tapauksissa määrätyillä liikennemäärän arvoilla.

Katkeamaton tai jatkuva liikennevirta voi vaihdella laadultaan. Liikennevirta voi olla enemmän tai vähemmän tungostunut, mutta joka tapauksessa katkeamattoman liikennevirran olosuhteet edellyttävät, ettei tiellä esiinny liikennevaloista, pakollisista pysähdysmerkeistä tai muista liikenteen ohjauslaitteista johtuvia liikennevirran katkeamia. Katkeamattoman liikennevirran ääritapauksissa ajoneuvojen liikkuminen saattaa olla huomattavan epäsäännöllistä sivuestevastuksista johtuen esimerkiksi silloin, kun tien varrella on nauhamainen kaupallinen keskus. Toisessa ääritapauksessa ajoneuvojen liikkuminen voi olla varsin tasaista tällaisten vastusten puuttuessa. Tästä voidaan päätellä, että eri teillä nopeuden ja liikennemäärän suhdetta osoittavat kuvaajat ovat erilaiset. Esimerkiksi moottoriteillä ajajat odottavat reunavastuksen olevan minimissä ja ajavat lyhyemmillä aikaväleillä toisiinsa nähden. Tämä saattaa selittää sen, että liikennemäärän kasvaessa ajoneuvojen nopeudet alenevat hitaammin moottoriteillä kuin teillä, joilla liittymärajoitusta ei ole.

Useat muut seikat vaikuttavat myös nopeuden ja liikennemäärän suhteeseen, kuten esimerkiksi liikenteen "luonne", sääolosuhteet, tiellä tapahtuneet onnettomuudet ja muut vaikeasti määriteltävät tekijät. Nämä seikat ovat tärkeitä, koska ellei niitä voida tarkasti määritellä eikä niiden vaikutusta ottaa huomioon, ne saattavat vääristää todelliset ajonopeuden ja liikennemäärän suhteet. Seuraavassa tekstissä mainitut eri tutkimukset tehtiin sellaisissa olosuhteissa, etteivät poikkeukselliset tekijät vaikuttaneet tuloksiin.

Laajamittaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa nopeuden ja liikennemäärän riippuvuutta kriittisen liikennetiheyden alapuolella voidaan suhteellisen hyvin kuvata suoralla viivalla kaikilla tavallisilla monikaistaisilla teillä sekä useimmilla nelikaistaisilla moottoriteillä.

Nämä tutkimukset osoittavat myös, että yli neli-kaistaisilla moottoriteillä nopeus-liikennemäärä-suhde on jonkin verran käyristynyt, mikä osoittaa ajonopeuksien keskimääräisillä liikennemäärillä näillä teillä olevan korkeampia kuin muilla teillä. Täten kuvaaja on lähempänä vaakasuoraa kuin muilla teillä.

Kuvan 3.37 keskimäinen käyrä esittää Detroitissa Ford Expresswayllä tehdyn tutkimuksen (21) tulokset. Tässä tutkimuksessa määritettiin minuutin ajanjaksoin havaitut hetkelliset liikennemäärät ja vuorokauden kaikkien minuuttien havaitut keskinopeudet, minkä jälkeen tulokset ryhmiteltiin ja piirrettiin kuvaajaksi. Kuvassa esitetty käyrä vastaa keskikaistan puoleista ajokaistaa. Kuvan 3.37 alin käyrä (Chicago) vastaa kahdella Eisenhower (Congress Street) Expresswayn tieosuudella tunneittain havaittuja kaikkien ajokaistojen liikennemäärän ja nopeuden arvoja sekä Edens Expresswayn, Calumet Expresswayn ja South Lake Shore Driven yhdellä ajokaistalla tehtyjä havaintoja (22). Kuvaaja perustuu 116 havaintoon, joiden korrelaatiokerroin on 0.876. Kuvan ylin käyrä (Los Angeles) perustuu viiden minuutin liikennemäärästä ja nopeuksista kuusikaistaisen Santa Ana Freewayn kaikilla samaan suuntaan liikennöidyillä ajokaistoilla kahtena illan huipputuntina tehtyihin havaintoihin (23).

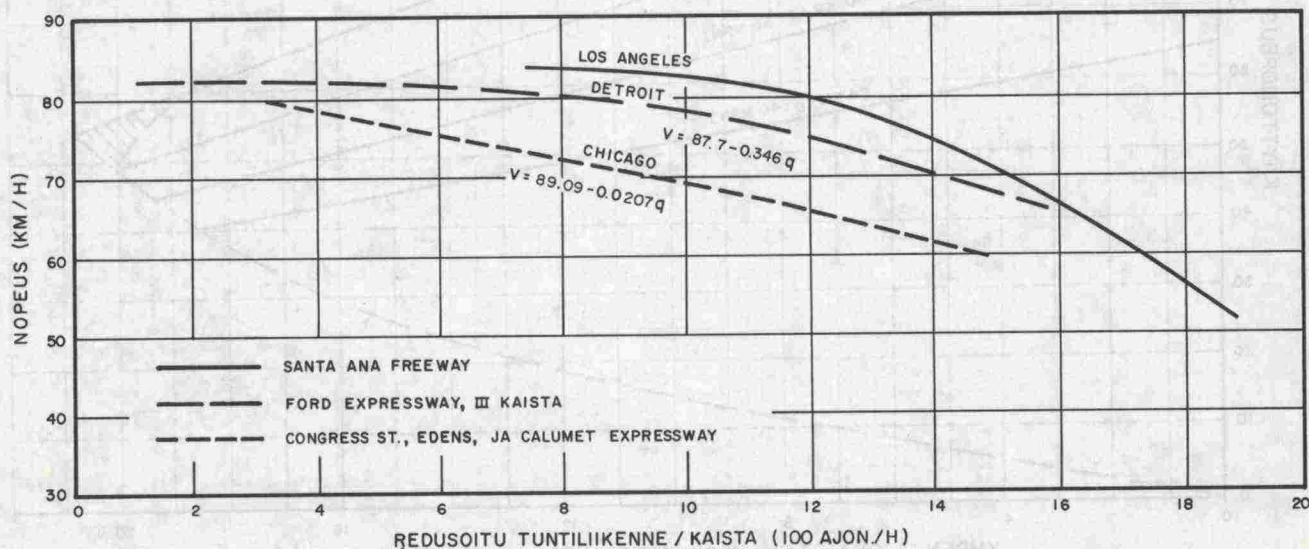
Teoreettisesti voidaan päätellä, että katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa tehokkaasti valvottu keskimääräistä tienopeutta alhaisempi nopeusrajoitus tasoittaisi keskimääräistä nopeus-liikennevirtakuvaajaa verrattuna ilman nopeusrajoitusta havaittuihin tuloksiin. Tasoittuminen johtuisi alhaisia liikennemääriä vastaavien nopeuksien alenemisesta, koska normaaleja keskimääräisiä nopeuksia ei nopeusrajoituksen vuoksi voitaisi käyttää. Liikennemäärän kasvaessa ei nopeusrajoituksella tietystä pisteestä eteenpäin kuitenkaan enää olisi merkitystä. Tämä tasoittuminen on edellä käsitel-

lyn tasoittumisen vastakohta, koska em. tasoittuminen johtui korkeilla liikennemäärillä moottoriteillä mahdollisesti suuremmista nopeuksista. Jos nämä molemmat olosuhteet vaikuttavat esimerkiksi raskaasti liikennöidyllä moottoriteillä, jolla nopeusrajoitusta valvotaan tehokkaasti, ei keskimääräisessä nopeudessa ole paljoakaan eroja, vaikka liikennemäärä vaihtelee huomattavasti.

Kaksikaistaisilla teillä nopeus-liikennemääräsuhteen kuvaaja näyttää olevan jonkin verran aaltoileva, vaikkakaan useimmissa tapauksissa se ei paljon poikkea suorasta viivasta (24). Ajonopeuksien viime vuosien aikana kasvaessa tasaisesti ovat myöskin korkeimmilla liikennemäärillä käytetyt nopeudet vähitellen nousseet.

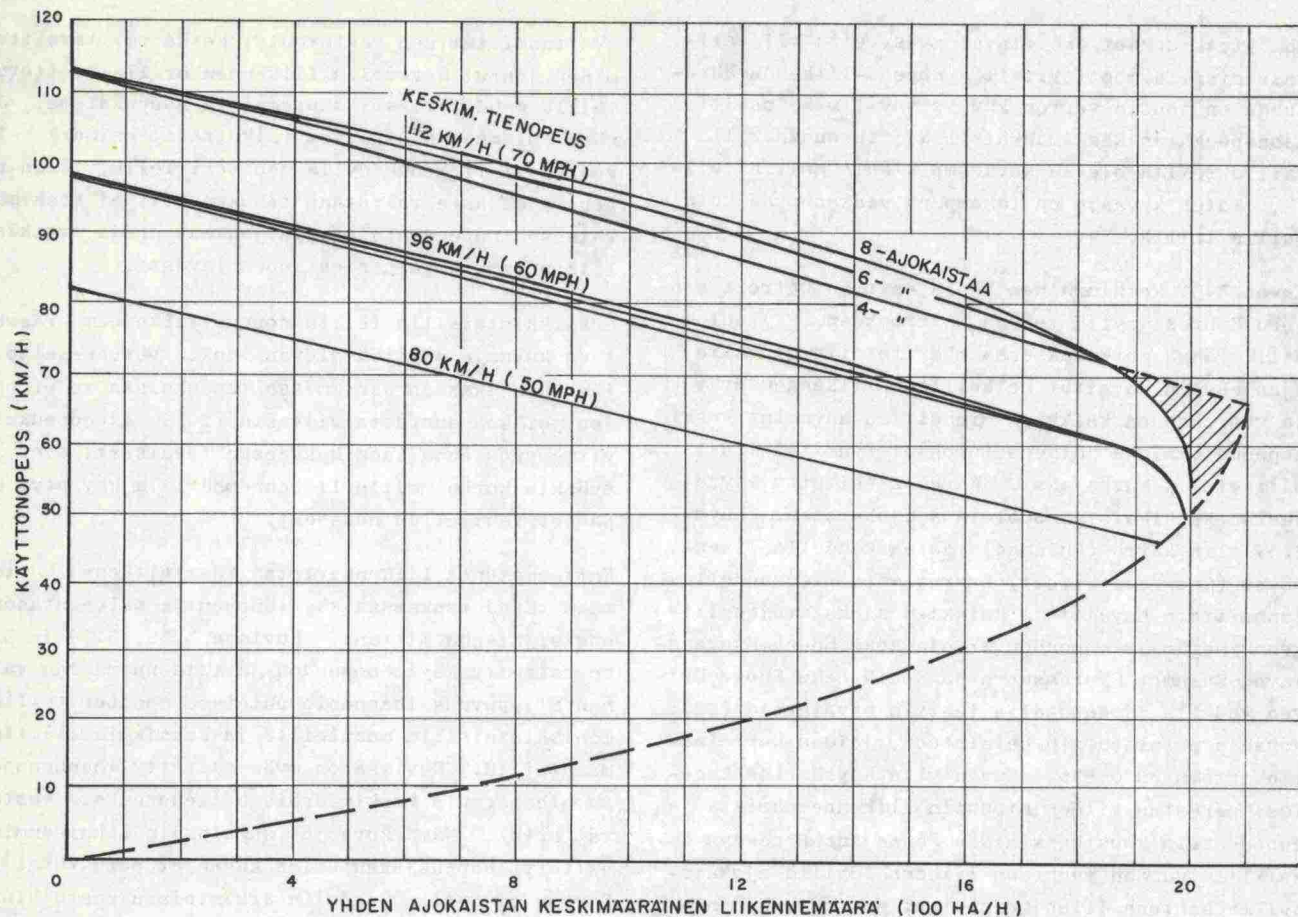
Katkeamatonta liikennevirtaa käsiteltäessä käytetään tässä teoksessa käyttönopeutta palvelutason ensisijaisena mittana. Kuvissa 3.38, 3.39 ja 3.40 on esitetty käyttönopeuden ja liikennemäärän välisen riippuvuus ihanneolosuhteissa moottoriteillä, monikaistaisilla maanteilla ja kaksikaistaisilla maanteilla. Kuvissa on myös esitetty ihannenopeutta alhaisempia keskimääräisiä tienopeuksia vastaavat arvot. Nämä kuvaajat samoin kuin aikaisemmin esitetyt nopeusjakautumien kuvaajat perustuvat Bureau of Public Roads'in arkistoista saatuihin tietoihin. Kuvaajat on esitetty vain riippuvuuden havainnollistamiseksi, eikä niitä tulisi käyttää käytännön ongelmien ratkaisemisessa, koska ne eivät sisällä minkään normaalisti teillä esiintyvän häirtatekijän vaikutuksia.

Kunkin kuvaajan ylempi osa esittää käyttönopeuden ja liikennemäärän riippuvuuden kriittiseen liikennetiheyteen asti. Tästä pisteestä eteenpäin nopeus liikennemäärän kasvaessa alenee nopeasti samanaikaisesti kun myös tuntiliikennemäärä pienenee. Esimerkiksi kuvassa 3.39 redusoidun tuntiliikennemäärän ollessa 1400 ajon./h ajokaistalla tavalli-



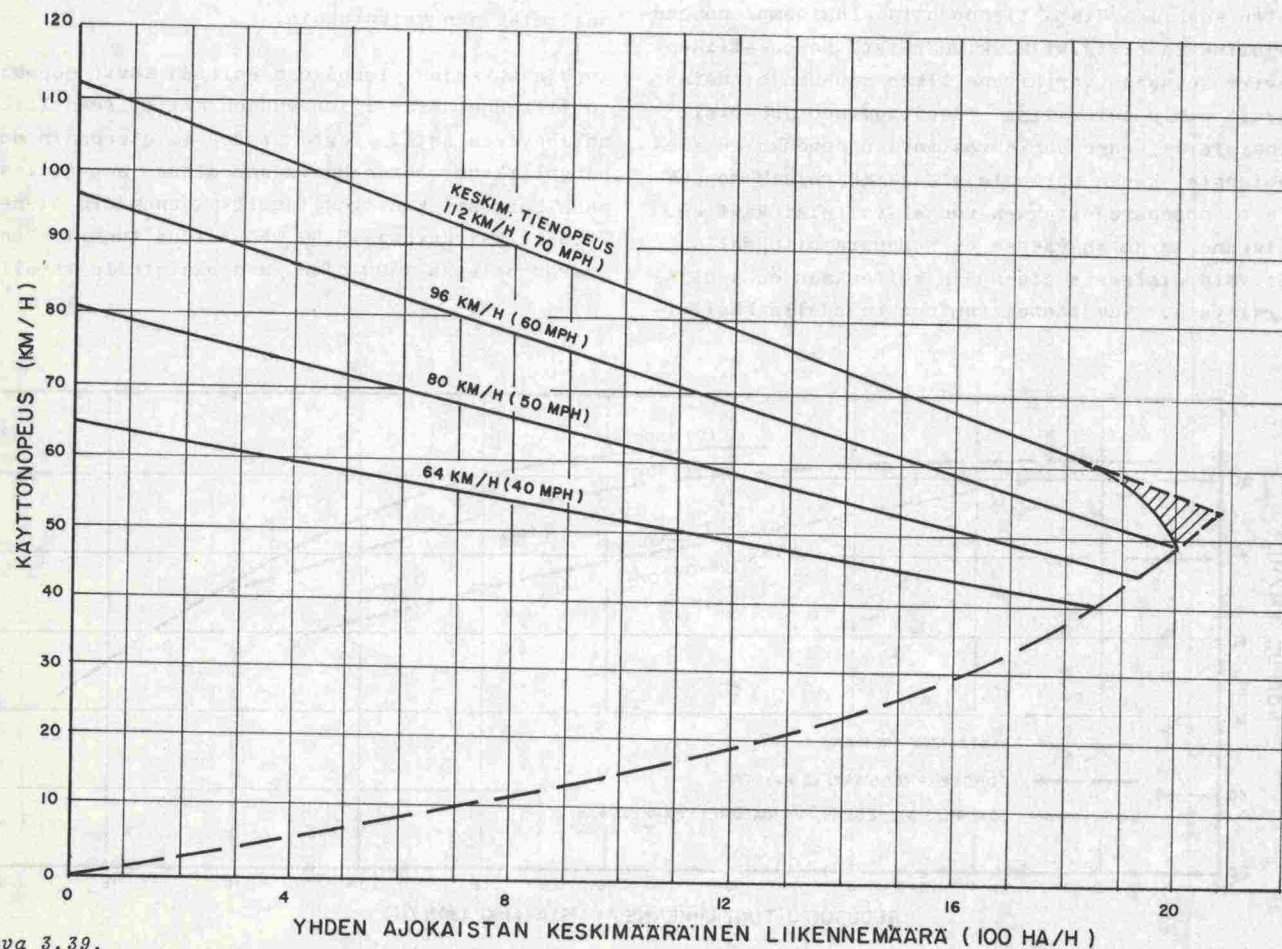
Kuva 3.37.

Nopeuden ja liikennemäärän riippuvuudet kolmella eri tiellä. (21, 22, 23)



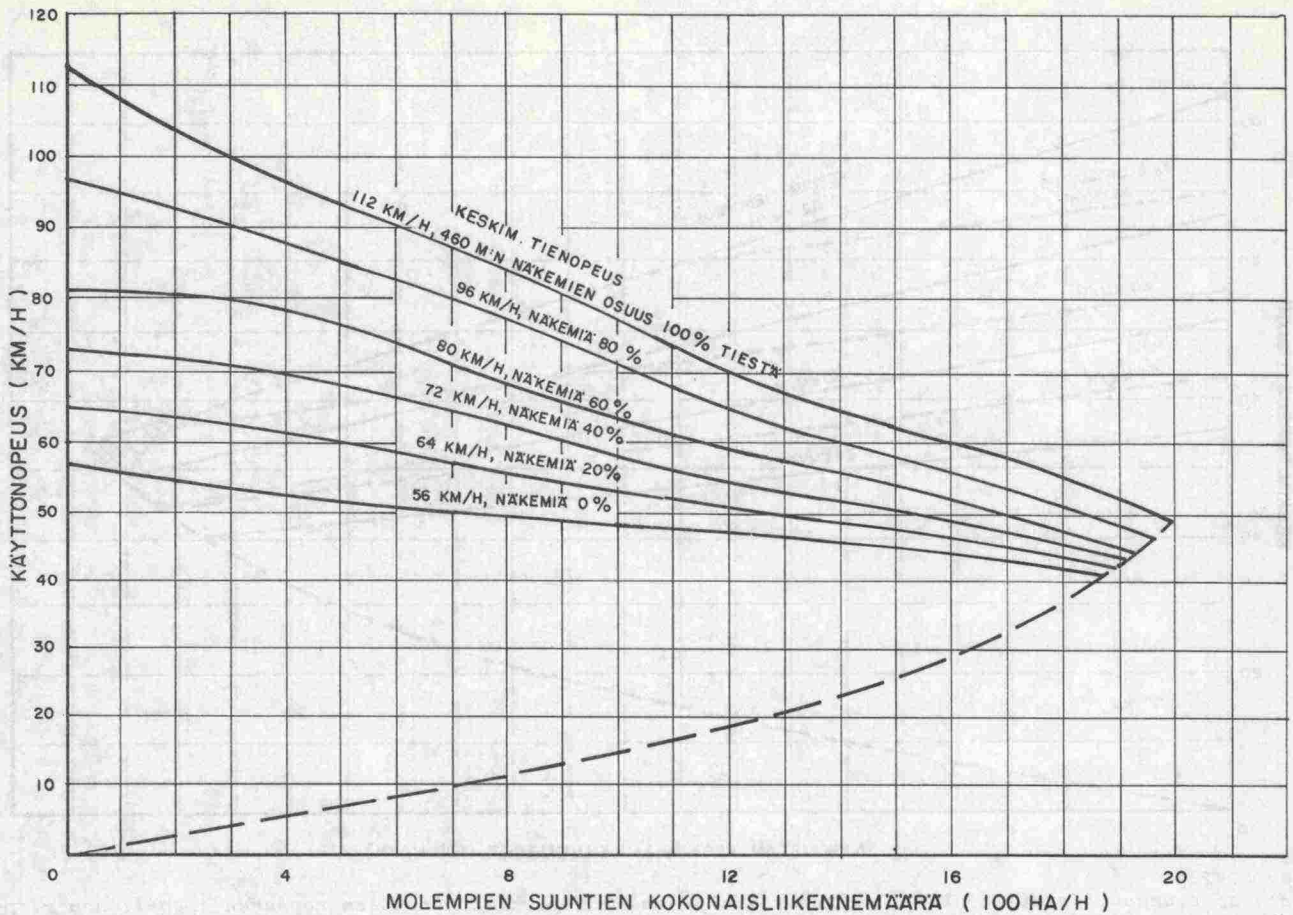
Kuva 3.38.

Yhden ajosuunnan liikennemäärän ja käyttönpeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa moottoriteiden ja moottorikatujen yhdellä ajokaistalla. (Koottu BPR:n tutkimuksista.)

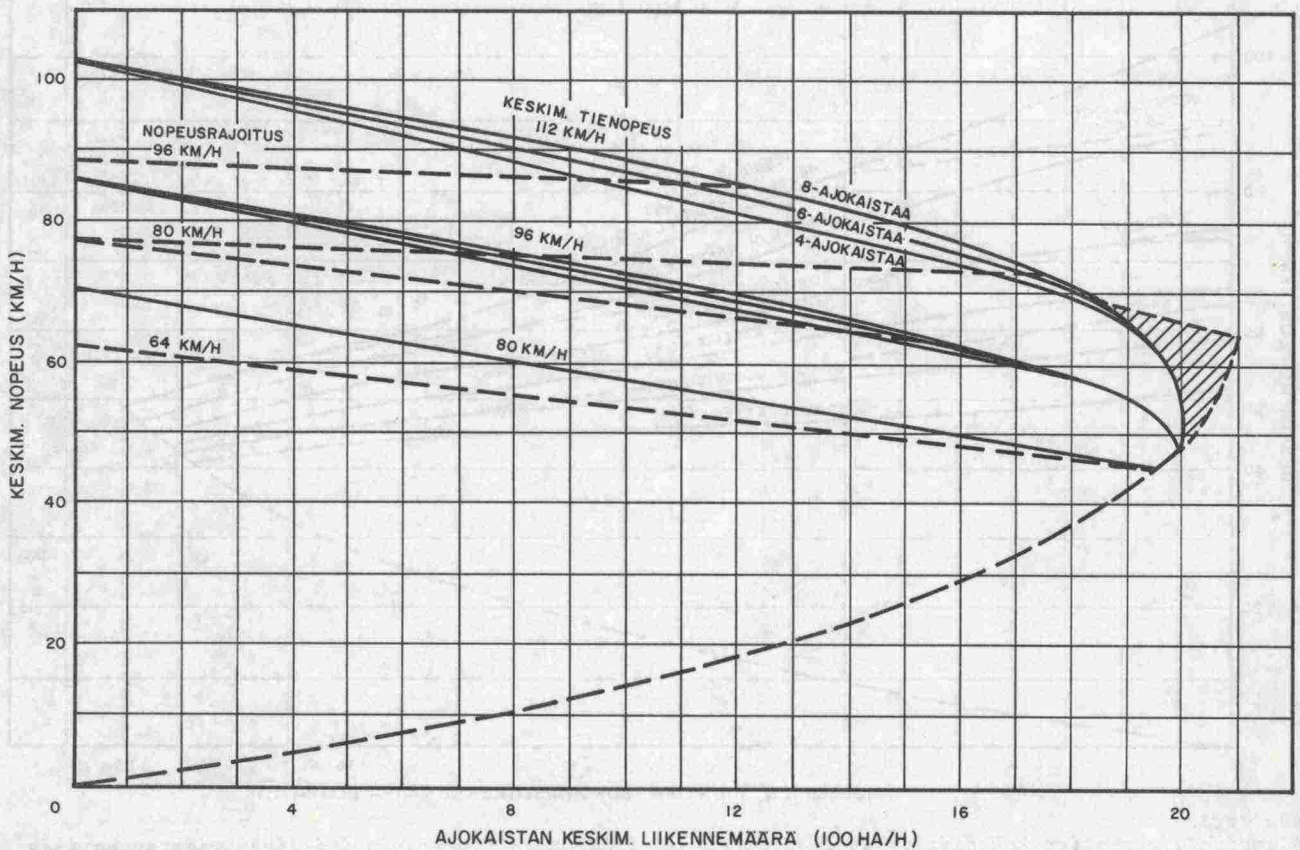


Kuva 3.39.

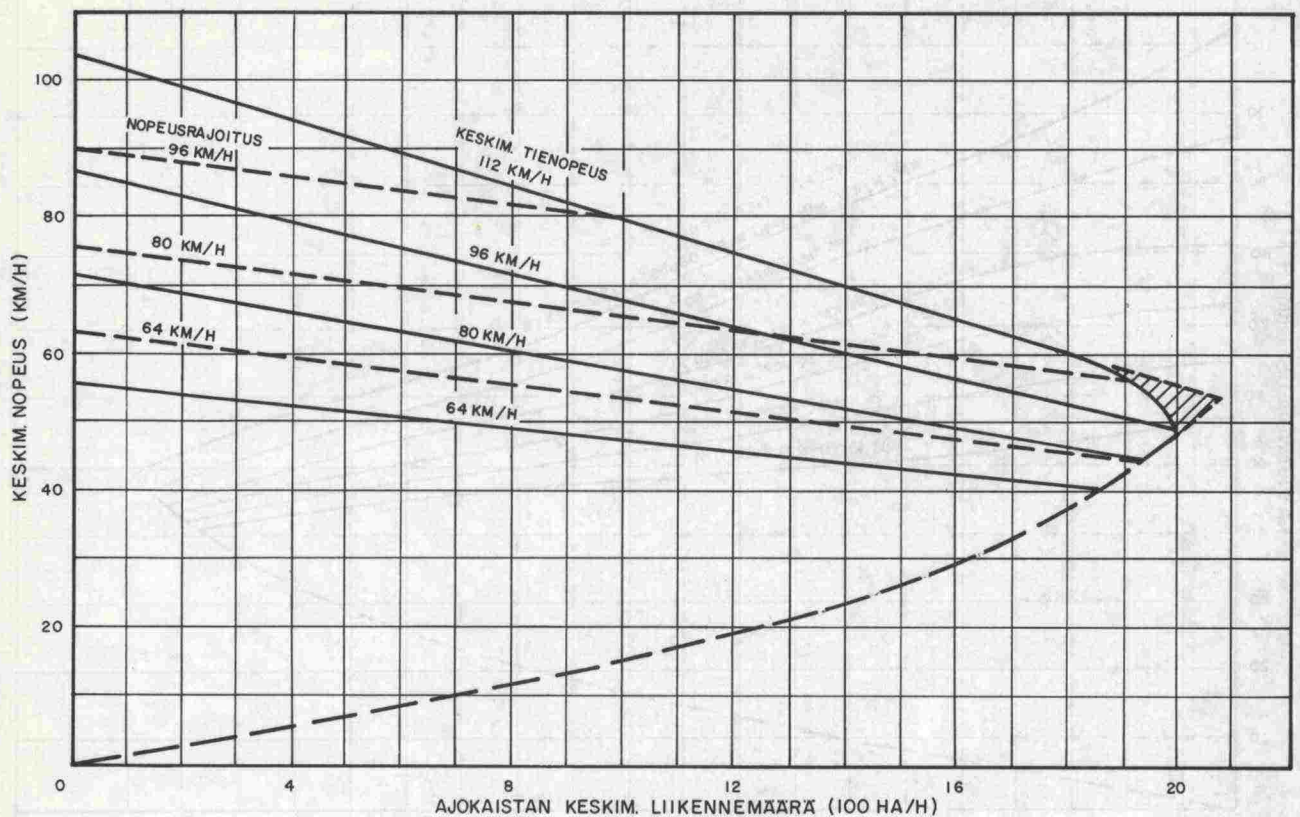
Yhden ajosuunnan liikennemäärän ja käyttönpeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa monikaistaisten maanteiden yhdellä ajokaistalla. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



Kuva 3.40. Kummankin ajosuunnan kokonaisliikennemäärän ja käyttönopeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa kaksikaistaisilla maaseudun maanteillä. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)

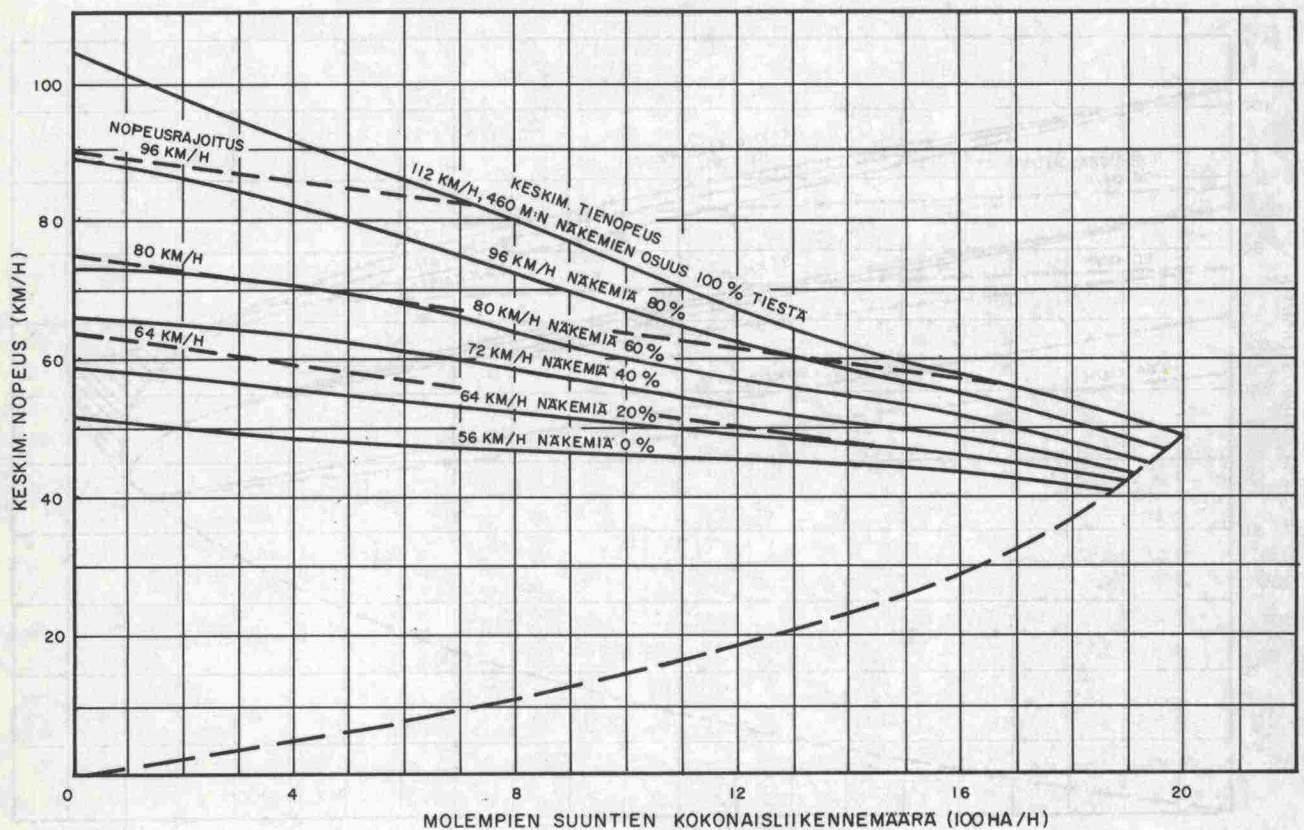


Kuva 3.41. Yhden ajosuunnan ajokaistaa kohti lasketun liikennemäärän ja keskimääräisen nopeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa moottoriteillä ja moottorikauduilla. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



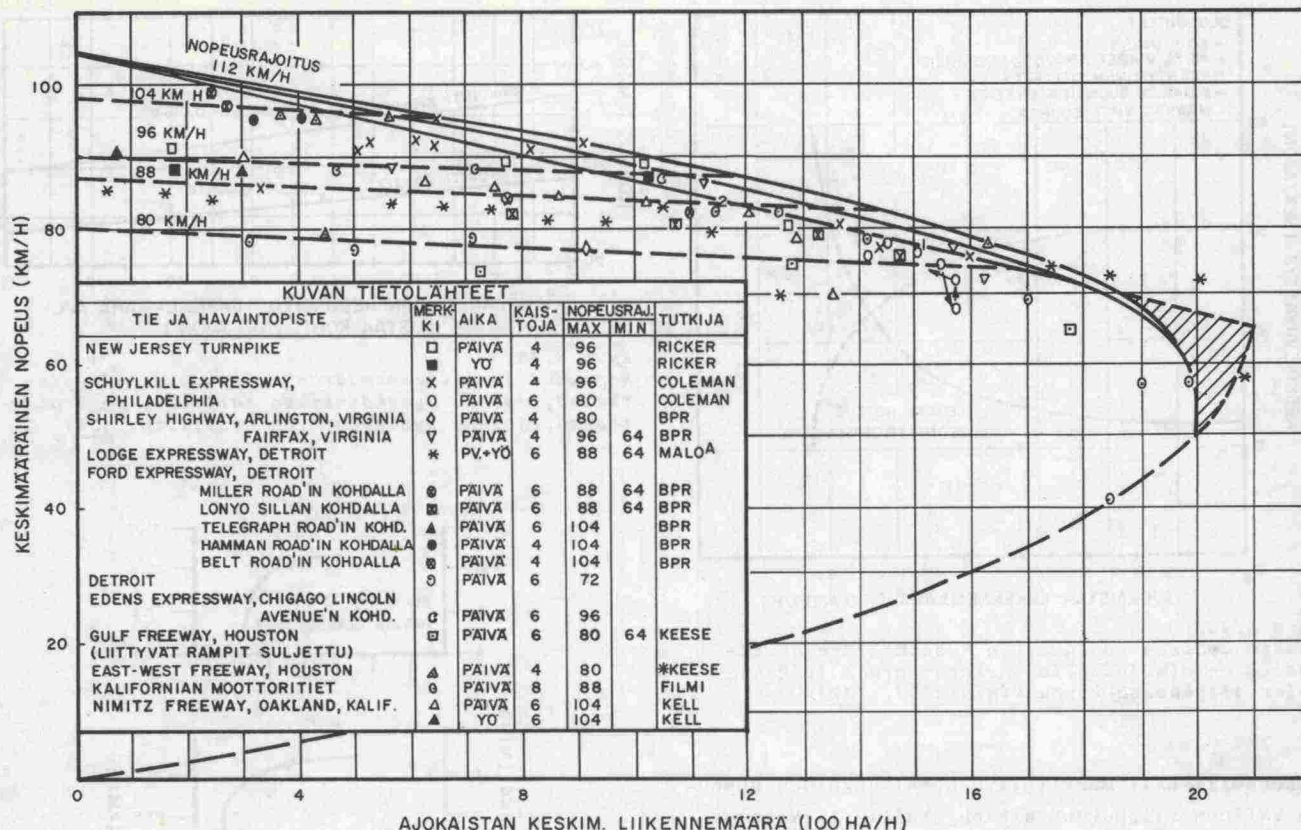
Kuva 3.42.

Yhden ajosuunnan ajokaistaa kohti lasketun liikennemäärän ja keskimääräisen nopeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa monikaistaisilla maaseudun maanteillä. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



Kuva 3.43.

Molempien ajosuuntien kokonaisliikennemäärän ja keskimääräisen nopeuden tyypillinen riippuvuus ihanteellisissa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa kaksikaistaisilla maaseudun maanteillä. (Koottu BPR:n eri tutkimuksista.)



Kuva 3.44.

Yhden ajosuunnan havaittuja nopeuden ja liikennemäärän riippuvuuksia katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa moottoriteillä ja moottorikaduilla.

sella monikaistaisella maaseudun maantiellä, on käyttönopeus 72 km/h (45 mph) liikennevirran ollessa häiriytymätön ja vain 24 km/h (15 mph) liikenteen ollessa ruuhkautunutta ja epätasaisesti etenevää.

Kuvat esittävät kaikkien ajokaistojen todelliset keskimääräiset tuntiliikennemäärät teillä, joiden huipputuntikerroin on korkea (ts. huipputuntina esiintyy tasainen ja korkea liikennetarve). Kuvaajien oikeassa päässä oleva varjostettu alue kuvaa varsin epävakaita ajo-olosuhteita. Moottoriteillä näin korkeita liikennemääriä esiintyy satunnaisesti yhdellä tai kahdella ajokaistalla (tavallisimmin keskikaistan viereisillä ajokaistoilla), mutta näin korkeita keskimääräisiä tuntiliikennemääriä ajokaistaa kohti on havaittu niin harvoin, ettei niitä voida pitää normaalisti mahdollisina.

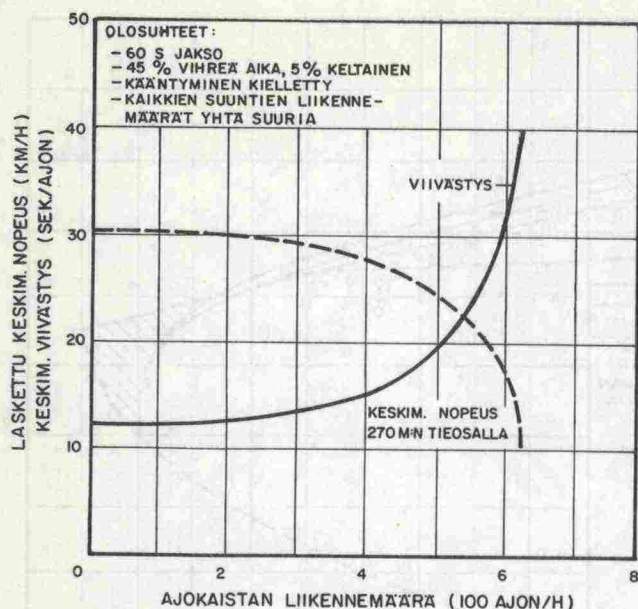
Jos sensijaan oletetaan, että kuvaajat esittävät lyhyen ajanjakson hetkellistä liikennemäärää, eikä koko tunnin liikennemäärää, voidaan liikenteessä olettaa esiintyvän jopa varjostetun alueen oikealla puolella olevia olosuhteita.

Kuvissa 3.41, 3.42 ja 3.43 on vastaavalla tavalla esitetty keskimääräisen nopeuden ja liikennemäärän välinen riippuvuus ja kuvassa 3.44 on esimerkkejä moottoriteitä koskevan kuvaajan lähdemateriaalista. Näissä kuvissa on esitetty myös tehokkaasti valvotun nopeusrajoituksen vaikutus. Kuvia vertaamalla voidaan todeta, että keskimääräinen

nopeus on aina jonkin verran käyttönopeutta pienempi kaikilla liikenteen välityskykyä alemmilla liikennemäärillä. Kuvilla on ensi sijassa pyritty selvittämään keskimääräisten nopeuden ja käyttönopeuden väliset erot. Myöskin viimeksimainittu kuvitus on esitetty vain havainnollistamismielessä eikä laskelmien perustaksi.

Katkaistu liikennevirta

Katkaistun liikennevirran olosuhteissa on nopeuden ja liikennemäärän välistä riippuvuutta vaikea tutkia. Esimerkiksi yleisimmin esiintyvissä tapauksissa, liikennevaloristeyksin varustetulla kadulla sekä liikennetarve että liikenteen välityskyky ovat usein eri suuret välittömästi peräkkäisillä katuosuuksilla. Korkein ajonopeus määräytyy myöskin useimmiten ulkopuolisten tekijöiden, esimerkiksi liikennevalojen progressiivisuuden ajoituksen tai nopeusrajoitusten mukaan, eikä niinkään ajajan toiveiden perusteella. Tästä johtuen useimmat katkaistun liikennevirran ominaisuuksia koskevat tutkimukset on suoritettu verraten lyhyillä katujaksoilla ja niissä on kyseistä riippuvuutta käsitelty epäsuorasti "keskimääräisenä viivytyksenä" eikä ole pyritty nopeuksien matkajakautuman keskiarvoon. Kenttähavaintojen tekeminen keskimääräisestä viivytyksestäkin on vaikeata, koska eri valojaksojen aikana saapuvien ja matkaa jatkavien ajoneuvojen määrä vaihtelee huomattavasti (25). Kuvasta 3.45 voidaan todeta keskimääräisen viivytyksen, erisuurten liikennemäärien sekä



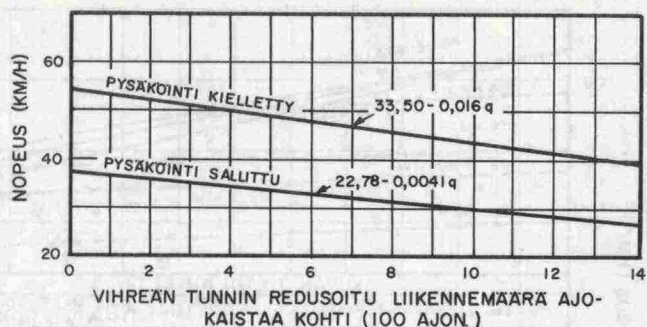
Kuva 3.45.

Keskimääräisen nopeuden ja keskimääräisen viivastuksen simuloimalla lasketut arvot liikennevaloristeyksessä kaupunkialueella. (47)

laskennallisesti määritellyn keskimääräisen nopeuden välinen riippuvuus aikaohjatuilla liikennevaloilla varustetussa liittymässä. Kuvaaja perustuu tietokoneella suoritettuun simulointiin, joka vastasi 160 tunnin liikennettä kahden kaksikaistaisen ja kaksisuuntaisen kadun risteyksessä, jossa jakson pituus oli 60 s ja vihreä aika jaettu tasan tulosuunnille.

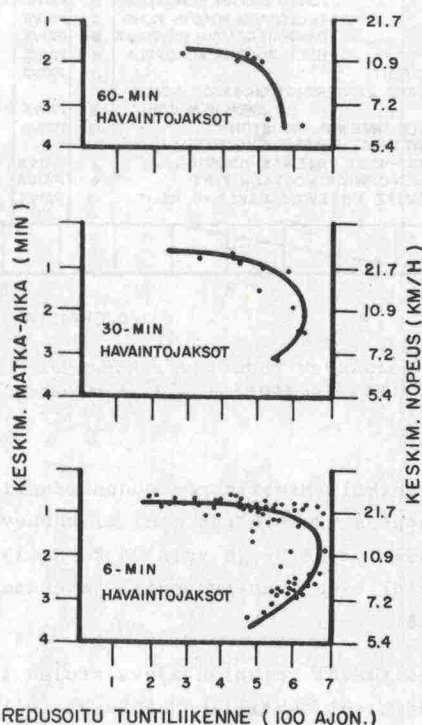
Kenttähavaintojen tekemisen vaikeudesta huolimatta onnistuttiin eräässä Chicagossa tehdyssä tutkimuksessa määrittämään nopeuden ja liikennemäärän väliset tyypilliset riippuvuussuhteet tutkimalla 37 katujaksoa, joilla pysäköinti oli sallittu, ja toinen riippuvuusfunktio tutkimalla 7 katujaksoa, joilla pysäköinti oli kielletty. Todetut riippuvuudet on esitetty kuvassa 3.46 (22). Tutkittujen katujaksojen keskimääräinen pituus oli noin 800 metriä. Liikennevalojen etäisyydet vaihtelivat huomattavasti ja muissakin riippuvuuteen vaikuttavissa tekijöissä esiintyi jonkin verran vaihtelua. Usean muuttujan analyysillä korrelaatiota tutkittaessa todettiin keskimääräisen nopeuden riippuvan merkittävimmin liikennevalojen lukumäärästä kadun pituusyksikköä kohti. Koska tiedoista laskettiin yhtä tuntia vastaavat keskiarvot, ei lyhytaikaisia nopeuden ja liikennemäärän vaihtelun arvoja ole käytettävissä, ja kuvaajat sovitettiin lineaarisiksi. Kuvaajat määriteltiin suunnilleen 1000 pisteen perusteella ja niiden korrelaatiokertoimet ovat 0.70 (ei pysäköintiä) ja 0.93 (pysäköinti sallittu).

Charlestonissa, Länsi-Virginiassa suoritettussa tutkimuksessa määritetyt nopeus-liikennemääräkuvaajat on esitetty kuvassa 3.47. Kuvaajat on laadittu silmämääräisesti yhdeksän tunnin havaintojen perusteella, jotka tehtiin 360 metriä pitkällä, erillistä liikennevaloa edeltävällä katujaksolla



Kuva 3.46.

Nopeuden ja liikennemäärän riippuvuudet 37 pisteessä, joissa pysäköinti on sallittu, ja 7 pisteessä, joissa pysäköinti on kielletty. (22)

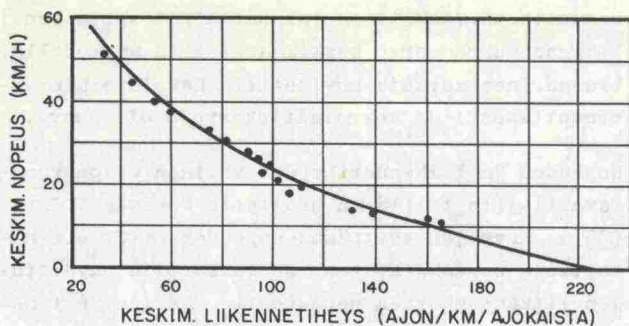


Kuva 3.47.

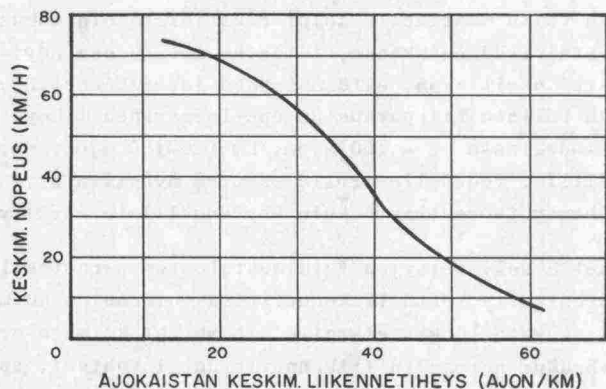
Matka-aika ja keskimääräinen nopeus liikennevalon varustetulla kadulla maaseudun ja kaupungin välialueella". (26)

(26). Käyrän kääntyminen takaisinpäin osoittaa, että liikennevalosta johtui aina kriittisen liikennetiheyden ylittämisiä. On huomattava, että käyrän muoto muuttuu hieman ryhmiteltäessä tietoja eripituisten ajanjaksojen mukaan, jotka ovat kuuden minuutin kerrannaisia. Tästä voidaan päätellä, että nopeuden ja liikennemäärän riippuvuutta selvitettyä on havaintoajanjakson oltava yksikäsitteisesti määritelty. Vaikka yhtä tuntia usein käytetään standardijaksona, voidaan merkittävämpiä tuloksia toisinaan saada lyhyempiä ajanjaksoja käyttämällä. Mitä pitempi havaintoajanjakso on, sitä vähemmän liikennevirta vaikuttaa nopeuksien matkajakautuman keskiarvoon.

Edellä kuvatun tutkimuksen tuloksia tulee kuitenkin tulkita harkiten. Sen tiedot kerättiin 7.00 - 11.00 välillä ensimmäisenä päivänä ja välillä 14.00 - 19.00 toisena päivänä. Nämä ajanjakso sisälsivät sekä huipputunnin että normaali-



Kuva 3.48.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus. Lincoln-tunneli, New York. (29)



Kuva 3.49.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus. Eisenhower (Congress Street) Expressway, Chicago. (30)

ajan liikennettä, mistä johtuen kuljettajien ajotavat vaihtelevat toisten varsinkin ruuhka-aikana pyrkiessä mahdollisimman nopeasti päämääräänsä ja toisten ajaessa rauhallisemmin normaaliajan liikenteessä. Kuten aikaisemmin todettiin, kuljettajien ajotapojen vaikutusta ei vielä tunneta. Tämän vuoksi on joskus suotavaa jakaa tiedot eri ryhmiin kellonajan mukaan, millä voidaan varmistaa se, etteivät ajajien erilaiset ominaisuudet vaikuta nopeuden ja liikennemäärän suhteeseen.

Lopuksi mainittakoon, että eräässä Lontoossa tehdyssä tutkimuksessa (27) määritettiin liikennevaloristeyksille kuvaajat, joissa oli selvä taitepiste. Tämä on yhtäpitävä sen teorian kanssa, että alhaisilla liikennemäärillä korkein saavutettavissa oleva nopeus riippuu lähes yksinomaan liittymien liikennevaloista ja katuaksojen sivu-estevastuksesta. Vasta liikennemäärien ollessa korkeita alkavat liikennevirrasta johtuvat vastustekijät alentaa saavutettavissa olevia nopeuksia.

Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuudet

Katkeamaton liikennevirta

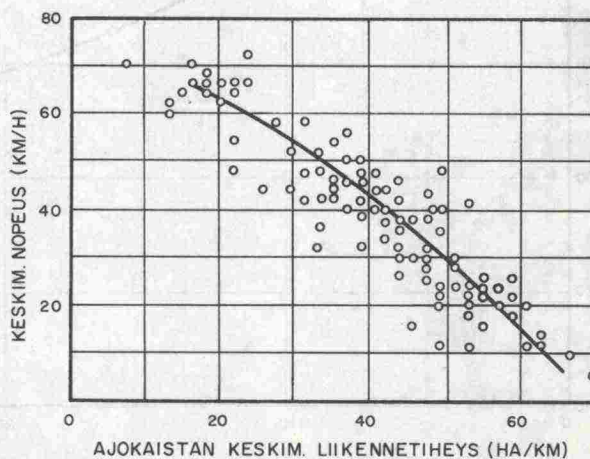
Koska nopeus, liikennetiheys ja liikennemäärä riippuvat toisistaan, huomattava osa edellisestä käsittelestä pitää paikkansa myös nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuuden suhteen. Liikennetiheydellä tarkoitetaan ajoneuvojen lukumäärää tietyllä tieosalla määrättyä ajankohtana. Tiheyden

dimensio on tavallisimmin ajon./km. Vaikka liikennetiheys on määrättyyn ajanhetkeen sidottu suure, on kuitenkin mahdollista laskea keskiarvoja tietyn ajanjakson aikana tehdyistä peräkkäisistä havainnoista. Jos ajoneuvolaskentoja suoritetaan kunakin yhden tunnin minuuttina, osoittaa tulosten aritmeettinen keskiarvo koko tunnin keskimääräisen liikennetiheyden. Tämä käsite eroaa liikennemäärän (reduoidun tuntiliikenteen) arvosta, joka vastaa ajoneuvojen lukumäärää tietyllä aikayksikkönä, jonka käytännöllinen minimi havaintoja suoritettaessa lienee noin yksi minuutti.

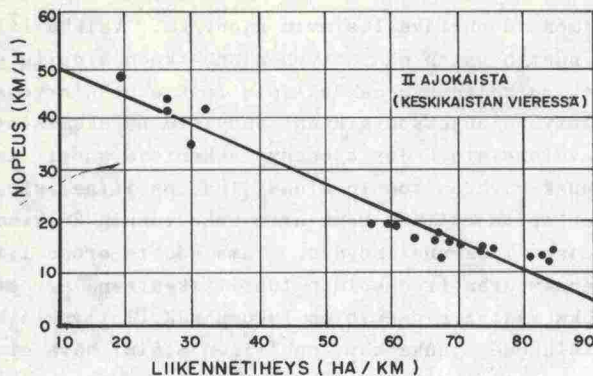
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus vastaa nopeuden ja liikennemäärän riippuvuutta siten, että korkeammilla nopeuksilla sekä liikennemäärän että liikennetiheyden kasvu alentaa nopeutta. Liikennetiheys voi kuitenkin kasvaa suuremmaksi kuin kriittinen tiheys, kun taas liikennemäärän arvo ko. pisteestä lähtien vähenee. Tästä johtuen liikennetiheys saattaa toisinaan olla käyttökelpoisempi nopeutta ilmaiseva suure kuin liikennemäärä.

Eräissä aikaisimmissa välityskyvyn tutkimuksissa, esimerkiksi Ohion maanteiden tutkimuksissa vuonna 1934 todettiin, että keskimääräisen liikennetiheyden ja nopeuksien matkajakautuman keskiarvon välillä vallitsi lineaarinen riippuvuus (28). Useissa viimeaikaisissa tutkimuksissa on tutkittu varsin perusteellisesti nopeuden ja liikennetiheyden suhdetta katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Yleensä ko. riippuvuus on esitetty matemaattisesti sovittamalla kuvaaja havaintotietoihin. Kuvissa 3.48 - 3.52 on joitakin todettuja riippuvuuksia esitetty graafisesti.

Kuva 3.48 on pienimmän neliösumman menetelmällä Lincoln-tunnelissa, New Yorkissa, laskettu keskimääräisen nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuuden kuvaaja (29). Kuvaajan yhteydessä esitetyt pisteet vastaavat viiden minuutin keskiarvoina laskettuja empiirisiä tietoja, joiden avulla nopeuksien matkajakautuman keskiarvot ja keskimääräiset liikennetiheydet laskettiin. Korrelaation todetaan olevan huomattavan suuri.



Kuva 3.50.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus. Hollywood Freeway, Los Angeles, 19.4.1961. (31)



Kuva 3.51.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus. Merritt Parkway, Connecticut. (32)

Kuva 3.49 osoittaa nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuuden Eisenhower (Congress Street) Expresswayn osuudella Chicagossa (30). Ajoneuvojen nopeudet ja liikennetiheydet mitattiin 120 metrin pituisella tieosalla ja keskiarvot laskettiin minuutin pituisten jaksojen perusteella.

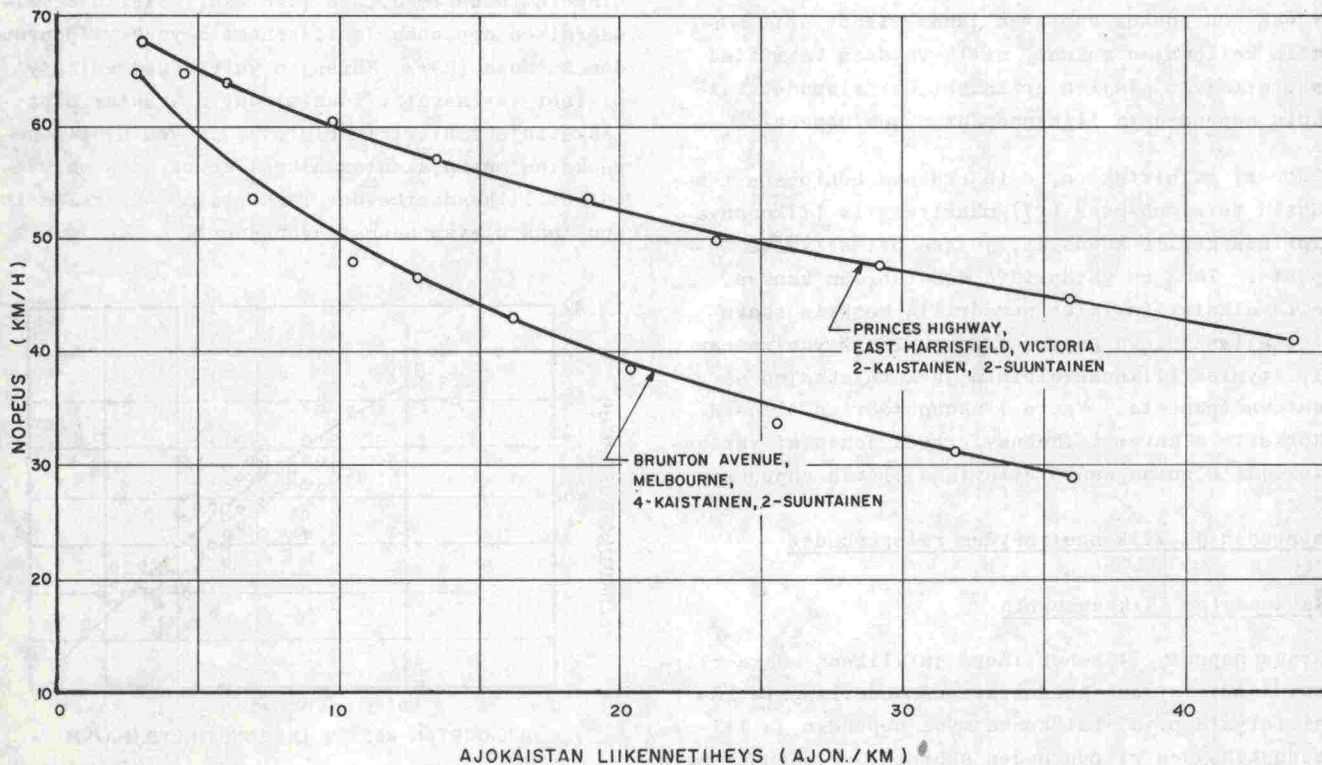
Hollywood Freeway yhdellä osuudella Los Angelesissa todetut nopeuden ja liikennetiheyden suhteet (31) on osoitettu kuvassa 3.50. Kukin kuvan piste vastaa yhden minuutin havaintoja, ja käyrä osoittaa nopeuden ja liikennetiheyden keskimääräisen riippuvuuden.

Kuvassa 3.51 on esitetty Merritt Parkwaylla, Connecticutissa (32) havaitut tulokset, jotka kuvaavat kapean tilapäissillan muodostamasta kapenemasta ylävirtaan ensimmäisellä kaistalla havaittuja olosuhteita. Kukin kuvan piste määritettiin viiden minuutin otoksen perusteella ja lii-

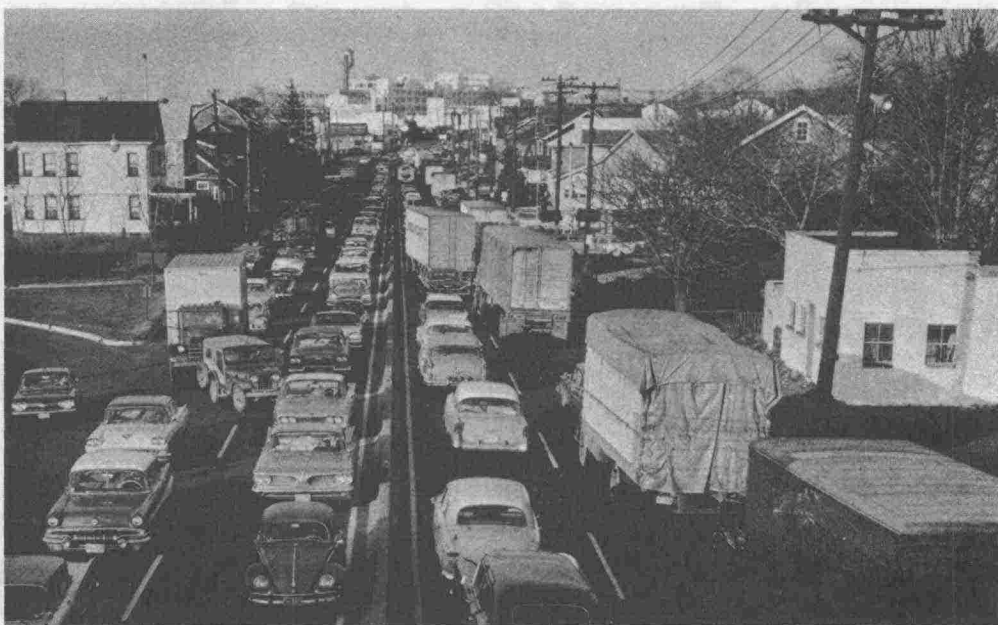
kennetiheys laskettiin jakamalla redusoitu tunti-liikennemäärän arvo keskimääräisellä nopeudella. Lineaarinen kuvaaja sovitettiin havaintoihin matemaattisesti ja korrelaatiokerroin oli suuri.

Nopeuden ja liikennetiheyden välinen riippuvuus tavallisilla teillä on osoitettu kuvassa 3.52 (33). Kuvaajan esittämät nopeudet eivät ole havaittuja nopeuksia, vaan ne laskettiin havaittujen liikennemäärien perusteella määritetyn lineaarisen regressioyhtälön perusteella. Huomattakoon, että jos nopeuden ja liikennemäärän välinen riippuvuus on lineaarinen, tulee nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuudesta epälineaarinen ja päinvastoin. Vaikka kokeellisilla tuloksilla ei ole voitu määritellä kumpi edellisistä olettamuksista pitää paikkansa, tulosten suurin osa näyttäisi osoittavan, että nopeuden ja liikennetiheyden välinen riippuvuus on epälineaarinen tiheyden vaihdella 12 - 100 ajon./km (20-160. ajon./mi.) välillä. Todetulla erolla saattaa nykyisin olla enemmän teoreettista kuin käytännöllistä merkitystä.

Edellä selvitettyjen tutkimustulosten perusteella on esitetty, että liikennevirtaa voidaan parhaimmin kuvata luokittelemalla olosuhteet kolmeen eri ryhmään: normaalin liikennevirran olosuhteet, epävakaa liikennevirran olosuhteet ja "pakotetun" liikennevirran olosuhteet, joista kukin ryhmä määritellään tietyillä todennäköisyyksillä, kuten kuvassa 3.53 on tehty (35). Teoreettisesta tarkastelutavasta lähtemällä saatavat nopeuden ja liikennetiheyden sekä nopeuden ja liikennemäärän välisiä riippuvuuksia kuvaavat käyräparvet saattavat olla hyvinkin käytännöllisiä ja realistisia liikenteen ominaispiirteiden kuvaajia.



Kuva 3.52.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa kahdella maantiellä Australiassa. (33, siv. 59 ja 61)



*Liikenteen ruuhkauttama 4-kaistainen pääkatu, jolla kuvauspisteestä pois-
pään liikennöidyillä ajokaistoilla kuorma-autojen osuus on hyvin korkea.
Huomaa keskikaistalle rakennettu kaide.*



*Kaksikaistaisella maantiellä hitaasti liikkuva ajoneuvo on pakottanut
jäljessä tulevat ajoneuvot hidastamaan nopeuttaan, ja jonomuodostus
alkaa.*



*Erityisillä jalankulkuvaloilla saadaan ajoneuvoliikenne pysäytetyksi
jalankulkijoiden tien ylityksen turvaamiseksi.*



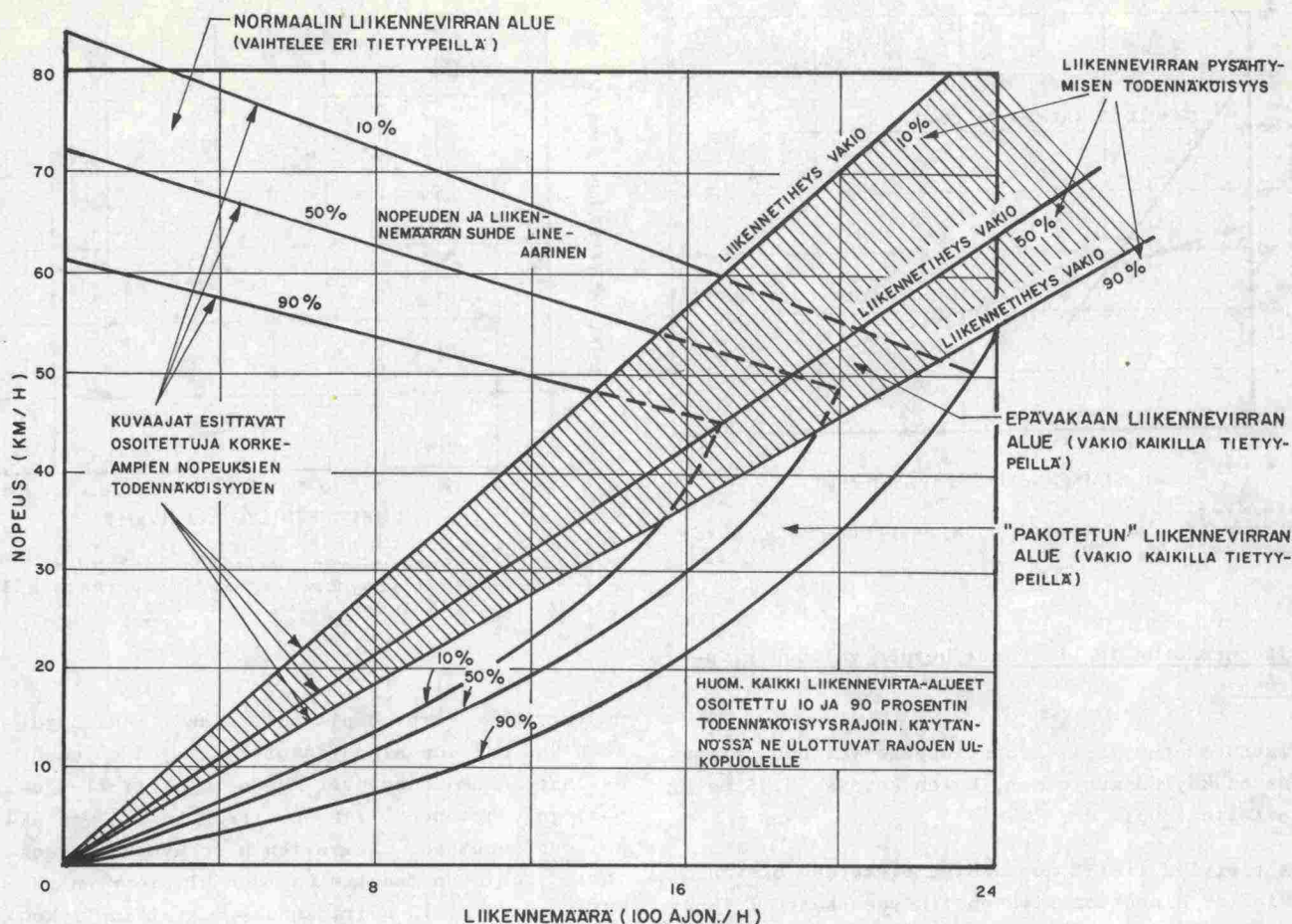
*Liikenteen suuntajakautuman tyyppi-
esimerkki moottoriteillä.*



*Ohitustilanne vähäliikenteisellä
maaseudun moottoritiellä.*



*Tyypillinen kaksikaistainen maaseu-
dun maantie, jonka liikennemäärä on
alle 1 000 ajon./vrk.*



Kuva 3.53.

Nopeuden ja liikennemäärän riippuvuuden yleinen kuvaaja (esittää periaatteen, ei tarkoitettu käytet-täväksi suunnittelukohteissa). (35)

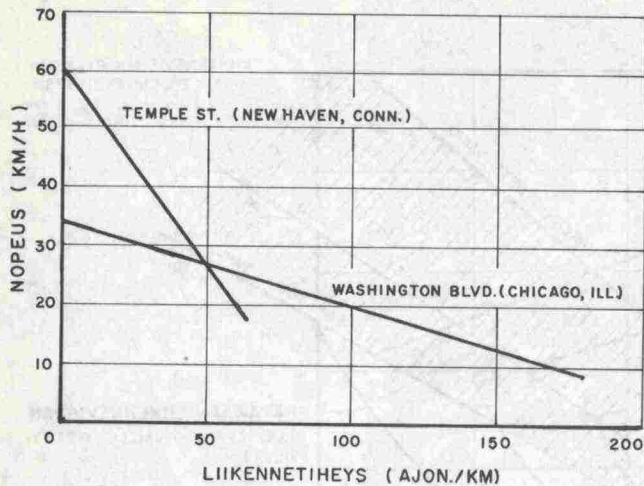
Katkaistu liikennevirta

Liikennevirtaa on tietystä mielessä vaikea määri-tellä katkeamattomaksi tai katkaistuksi, koska ennenkin tai myöhemmin kaikki liikennevirrat kat-keavat. Katkeamakohtia ovat esimerkiksi moottori-teiden päätepisteet, maaseudun teiden sisääntulo-kohdat kaupunkialueilla sekä progressiiviset lii-kennevalojärjestelmät, jotka eivät toisinaan voi-tydyttää liikennetarvetta. Katkeamattoman lii-kennevirran olosuhteita tutkittaessa tulisi il-moittaa sekä tiejakson pituus että etäisyys en-simmäiseen katkeamakohtaan kummassakin suunnassa. Katkaistun liikennevirran määrittely on kuitenkin tavallisesti helppoa, koska se yleensä aiheutuu liikennevalosta tai pakollista pysähtymistä osoit-tavasta liikennemerkeistä.

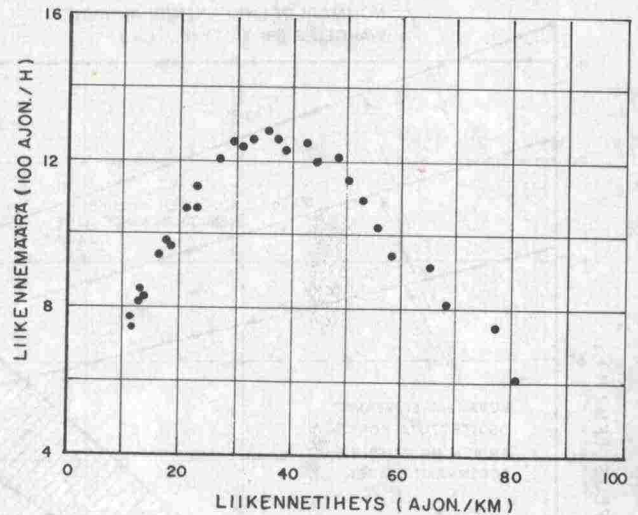
Normaalin kaupunkialueilla esiintyvän katkaistun liikennevirran nopeuden ja liikennetiheyden väli-sen riippuvuuden määrittämisessä ilmenee useita edellä nopeuden ja liikennemäärän yhteydessä käsi-teltyjä ongelmia. Joitakin onnistuneita tutkimuk-sia on kuitenkin suoritettu ja ne osoittavat, että kyseinen riippuvuus on hyvin samanlainen kuin kat-keamattoman liikennevirran olosuhteissa. Erääs-sä Chicagossa tehdyssä tutkimuksessa (36) todet-tiin riippuvuuden olevan lineaarinen noin 400 met-

rin pääkatujaksolla kaupungin ja maaseudun väli-sellä alueella lähestyttäessä aikaohjattua liiken-nevaloa, kuten kuvassa 3.54 esitetty Washington Boulevardia koskeva kuvaaja osoittaa.

Tutkimuksissa korreloitiin 1, 2 ja 3 minuutin väli-ajoin mitattuja hetkellisiä liikennetiheyksiä tes-tiautolla ennen tiheyshavaintoja, niiden aikana ja jälkeen mitattujen nopeuksien matkajakautuman kes-kiarvon kanssa. Nopeuksien matkajakautuman keski-arvo ja liikennetiheys testiauton edellä korreloi-ivat voimakkaasti toistensa kanssa ($r^2 = 0.89$), mutta nopeus ja liikennemäärä eivät korreloineet ($r^2 = 0.04$). New Havenissa suoritettussa tutkimuk-sessa todettiin nopeuden ja liikennetiheyden riip-puvuuden olevan huomattavasti jyrkempi yhden kais-tan liikennevirrassa korrelaation ollessa $r^2 = 0.86$. Tutkimuksen suorittaja kuitenkin esitti, että teo-reettisesti tuloksia esittäisi paremmin kaareva rajakäyrä kuin tutkimustuloksiin sovitettu line-aarinen kuvaaja (37). Merritt Parkwaylla ja New Yorkin Lincoln-tunnelissa on tutkittu yksisuun-taista, kapenemaa lähestyvää katkaistua liikenne-virtaa (37, 38). Molemmissa tutkimuksissa nopeu-den ja liikennetiheyden rajakäyrät todettiin sa-manlaisiksi kuin katkeamattoman liikennevirran olo-suhteissa.



Kuva 3.54.
Nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuus kaupunki-alueilla. (36, 37)



Kuva 3.55.
Esimerkki liikennemäärän ja liikennetiheyden riippuvuudesta liittymärajoituksella varustetulla tiellä. Holland Tunnel, New York. (39)

Liikennemäärän ja liikennetiheyden välinen riippuvuus

Liikennemäärän ja liikennetiheyden välinen riippuvuus on käyrän muotoinen, kuten kuvassa 3.55 on osoitettu (39).

Jos tietyllä tiellä nopeuksien oletetaan olevan vakioita, aiheuttaa liikennetiheyden kasvu liikennevirran lineaarisen lisäyksen ja päinvastoin. Jossakin kohdassa liikennetiheyden kasvaessa nolasta ylöspäin nopeus alkaa kuitenkin alentua kuten edellä esitettiin, ja täten riippuvuuden kuvaajasta tulee kaareva. Kun kriittinen liikennetiheys on sivuutettu, alkaa liikennemäärän arvo alentua lisääntyvästä liikennetiheydestä huolimatta.

Tämän vuoksi saattaa tie ruuhkautua täydellisesti, jos liikennemäärä on suunnilleen tien mahdollista välityskykyä vastaava. Oletetaan esimerkiksi, että kuvassa 3.39 esitetyllä tiellä yhden suunnan liikennemäärä on vähitellen kasvanut 2000 ajoneuvon tunnissa ajokaistaa kohti ja keskimääräinen nopeus on alentunut 48 kilometriin tunnissa, ja että tämä liikennemäärä lähestyy tilapäistä häiriökohtaa, jossa ajonopeus alenee 32 km/h:iin (20 mph), jolloin välityskyky voi olla ainoastaan 1700 ajon./h kaistaa kohti. Tällöin ajoneuvoja alkaa välittömästi kertyä tähän pisteeseen kertymisnopeuden ollessa 300 ajon./h kaistaa kohti, joten liikennetiheys kasvaa nopeasti. Jos saapuva liikennevirta pysyy arvossa 2000 ajon./h ja vaikka häiriö esiintyisi vain muutaman sekunnin aikana, on joidenkin ajoneuvojen pakko pysähtyä ja hetkellinen liikennemäärän arvo putoaa välittömästi nolaaan tässä tien kohdassa. Tällöin seisovien ajoneuvojen jono pitenee jatkuvasti niin kauan kun saapuvien ajoneuvojen määrä aikayksikössä jonon lopussa on suurempi kuin poistuvien ajoneuvojen määrä jonon alussa.

Vaikka häiriö esiintyisi vain muutaman sekunnin tai minuutin ajan, yhä useampi ajoneuvo joutuisi

pysähtymään verraten pitkäksi ajaksi senkin jälkeen kun häiriön aiheuttanut tekijä ei enää esiinny. Nämä ajoneuvot muodostavat tielle jonon, joka "etenee" liikennevirran kanssa vastakkaiseen suuntaan. Seisovien ajoneuvojen muodostamia jonoja on todettu useiden kilometrien päässä alkuperäisestä häiriökohdasta, vaikka liikenne näyttää toimivan normaalisti jonon ja sen alkuperäisen alkamispaikan välillä. Tätä ilmiötä on tutkittu varsin laajasti ja tutkimustuloksena on esitetty teoria taaksepäin etenevistä kinemaattisista aalloista (40).

Liikennemäärän ja liikennetiheyden välisen riippuvuuden kuvaaja näyttää olevan kaareva sekä katkeamattoman että katkaistun liikennevirran olosuhteissa. Liikennevaloin varustetuilla katujaksoilla, joiden liikennemäärä on verraten korkea, esiintyy lähes jatkuvasti aaltoliikettä, joka johtuu kunkin punaisen valon keinotekoisesti aiheuttamasta kriittisestä liikennetiheydestä. Koska ajoneuvon kiihdyttäminen ja hidastaminen aiheuttaa lisää aikataappiota, on todennäköistä, että liikennemäärän ja liikennetiheyden välisen riippuvuuden kuvaaja katkaistun liikennevirran olosuhteissa on huomattavasti katkeamattoman liikennevirran kuvaajan alapuolella.

Yhteenveto

Edellä on esitetty joitakin pääseikkoja nopeuden, liikennetiheyden ja liikennemäärän välisistä teoreettisista ja havaituista riippuvuuksista. Näiden liikenteenvälityskykyyn kohdistuvat vaikutukset ovat ilmeisiä. Määritelmän mukaan välityskyky on tietyissä olosuhteissa esiintyvä korkein redusoidun tuntiliikenteen arvo. Määritettäessä liikennemäärän arvoa aikayksikköä kohti on sekä nopeus että liikennetiheys tunnettava, koska nopeuden ja liikennetiheyden erilaiset yhdistelmät antavat tuloksena erilaisia liikennemääriä. Tie-

tyllä tiellä korkein hetkellisen liikennemäärän ja redusoidun tuntiliikenteen arvo esiintyy kriittisen liikennetiheyden kohdalla, joka taas riippuu pienimmistä ajajien käytetyllä nopeudella hyväksymistä aikaväleistä. Yleistäen voidaan todeta, että mitä korkeampiluokkaisempi tie on, sitä lyhyempiä nämä aikavälit voivat olla. Kriittiset liikennetiheydet esiintyvät vastaavasti jonkin verran erilaisilla nopeuksilla ja liikennetiheyksillä tien tyypistä riippuen.

Eräitä poikkeuksia lukuunottamatta edellä esitetyt riippuvuudet on todettu yleisimmillä tietyyypeillä, joilla katkeamattoman ja katkaistun liikennevirran peruserot on pyritty ottamaan huomioon. Määritelmän mukaan tällaiset riippuvuudet voidaan määrittää aina kun ajoneuvot seuraavat toisiaan säännöllisesti samalla tai vierekkäisillä kaisloilla. Sekoittumisalueet, kiertoliittymät ja muut vastaavat alueet muodostavat täten poikkeuksellisen tapauksen. Määrätyin rajoituksin nämä riippuvuudet pitävät paikkansa verraten lyhyillä ajanjaksoilla esim. yhden minuutin, 10 minuutin tai yhden tunnin aikana. Ne esiintyvät selvimmin ja ovat merkitsevimpiä lyhyillä ajanjaksoilla, ja tuntia pitemmiltä jaksoilta kerätyt tiedot yleensä peittävät lyhytaikaiset vaihtelut.

Tutkijan tulisi tätä käsikirjaa käyttäessään olla selvillä näistä riippuvuuksista pyrkiessään täydellisesti ymmärtämään liikenteen välityskyvyn käsitteen. Tässä luvussa esitetyt kirjallisuusviitteet antavat suppean luettelon alalla suoritetuista tutkimuksista, joista lukija voi tutkia erilaisia yksityiskohtia koskevia kysymyksiä.

LÄHDELUETTELO

1. U.S. Dept. of Commerce, Bureau of Public Roads, *Highway Statistics* (various years). Govt. Printing Off., Washington, D.C.
2. NORMANN, O. K., "Variations in Flow at Intersections as Related to Size of City, Type of Facility and Capacity Utilization." *HRB Bull.* 352, pp. 55-99 (1962).
3. WAGNER, F. A., and MAY, A. D., "Volume and Speed Characteristics at Seven Study Locations." *HRB Bull.* 281, pp. 48-67 (1960).
4. HESS, J. W., "Capacities and Characteristics of Ramp-Freeway Connections." *Highway Res. Record* No. 27, pp. 69-115 (1963).
5. DREW, D. R., and KEESE, C. J., "Freeway Level of Service as Influenced by Volume and Capacity Characteristics." *Highway Res. Record* No. 99, pp. 1-47 (1965).
6. Wisconsin State Highway Commission, *Correlation, A Method of Estimating Design Hourly Volumes*. Unpubl. mimeo. (Jan. 1963).
7. BELLIS, W. R., and JONES, J. E., "30th Peak Hour Trend." *Highway Res. Record* No. 27, pp. 1-13 (1963).
8. WALKER, W. P., "Trends in the 30th Hour Factor." *HRB Bull.* 167, pp. 75-83 (1957).
9. Wisconsin State Highway Commission, *Wisconsin Highway Traffic, 1961*. (Publ. annually) (1963).
10. KEESE, C. J., PINNELL, C., and MCCASLAND, W. R., "A Study of Freeway Traffic Operations." *HRB Bull.* 235, pp. 73-132 (1960).
11. MALO, A. F., MIKA, H. S., and WALBRIDGE, V. P., "Traffic Behavior on an Urban Expressway." *HRB Bull.* 235, pp. 19-37 (1960).
12. GREENSHIELDS, D. B., SCHAPIRO, D., and ERICKSON, E. L., *Traffic Performance at Urban Street Intersections*. Tech. Rep. No. 1, Bur. of Highway Traffic, Yale University (1947).
13. MAY, A. D., and WAGNER, F. A., "Headway Characteristics and Interrelationships of Fundamental Characteristics of Traffic Flow." *Proc. HRB*, 39: 524-547 (1960).
14. GERLOUGH, D. L., "Traffic Inputs for Simulation on a Digital Computer." *Proc. HRB*, 38: 480-492 (1959).
15. SCHUHL, A., "The Probability Theory Applied to Distribution of Vehicles on Two-Lane Highways." *Poisson and Traffic*, Eno Found. for Highway Traffic Control, Saugatuck, Conn., pp. 59-75 (1955); pp. 16-19 (1948).
16. KELL, J. H., "A Theory of Traffic Flow on Urban Streets." *Proc. 13th Ann. Western Sect. Meeting, Inst. of Traffic Engineers*, pp. 66-70 (1960).
17. LEWIS, R. M., "A Proposed Headway Distribution for Traffic Simulation Studies." *Traffic Eng.*, 33: No. 5, 16-19, 48 (Feb. 1963).
18. GREENSHIELDS, B. D., and WEIDA, F. M., *Statistics with Application to Highway Traffic Analysis*. Eno Found. for Highway Traffic Control, Saugatuck, Conn. (1952).
19. HERMAN, R., and POTTS, R. B., "Single-Lane Theory and Experiment." *Theory of Traffic Flow*, pp. 120-146. Van Nostrand (1961).
20. HERMAN, R., POTTS, R. B., and ROTHERY, R. W., "Behavior of Traffic Leaving a Signalized Intersection." *Traffic Eng. and Control*, 5: No. 9, 529-533 (Jan. 1964).
21. MAY, A. D., "Traffic Characteristics and Phenomena on High Density Controlled Access Facilities." *Traffic Eng.*, 31: No. 6, 11-19, 56 (Mar. 1961).

22. KEEFER, L. E., "The Relation Between Speed and Volume on Urban Streets." *Quality of Urban Traffic Service Committee Report*, HRB, 37th Ann. Meeting (1958) (unpubl.).
23. WEBB, G. M., and MOSKOWITZ, K., "California Freeway Capacity Study—1956." *Proc. HRB*, 36: 587-642 (1957).
24. SCHWENDER, H. C., NORMANN, O. K., and GRANUM, J. O., "New Methods of Capacity Determination for Rural Roads in Mountainous Terrain." *HRB Bull.* 167, pp. 10-37 (1957).
25. CAMPBELL, E. W., KEEFER, L. E., and ADAMS, R. W., "A Method of Predicting Speeds Through Signalized Street Sections." *HRB Bull.* 230, pp. 112-125 (1959).
26. ROTHROCK, C. A., and KEEFER, L. E., "Measurement of Urban Traffic Congestion." *HRB Bull.* 156, pp. 1-13 (1957).
27. WARDROP, J. G., "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research." *Proc. Inst. Civil Eng.*, Part II, Vol. 1: No. 2, pp. 325-378 (1952).
28. GREENSHIELDS, B. D., "A Study of Traffic Capacity." *Proc. HRB*, 14: Pt. I, 448-474 (1934).
29. GREENBERG, H., "An Analysis of Traffic Flow." *Oper. Res.*, 7: No. 1, 79-85 (Jan.-Feb. 1959).
30. MAY, A., ATHOL, P., and PARKER, W., "Development and Evaluation of Congress Street Expressway Pilot Detection System." *Highway Res. Record No. 21*, pp. 48-63 (1963).
31. MAY, A., *California Freeway Operations Study*. Final Report to California Div. of Highways (Jan. 1962), Thompson-Ramo-Wooldridge.
32. HUBER, M. J., "Effect of Temporary Bridge on Parkway Performance." *HRB Bull.* 167, pp. 63-74 (1957).
33. GEORGE, H. P., "Measurement and Evaluation of Traffic Congestion." *Quality and Theory of Traffic Flow*, pp. 41-68. Yale University (1961).
34. PALMER, M. R., "The Development of Traffic Congestion." *Quality and Theory of Traffic Flow*, pp. 104-140. Yale University (1961).
35. UNDERWOOD, R. T., "Speed, Volume and Density Relationship." *Quality and Theory of Traffic Flow*, pp. 141-188. Yale University (1961).
36. KEEFER, L. E., "Speed-Density Study." *CATS Res. News*, 1: No. 13, 6-10 (1957).
37. GUERIN, N. S., "Travel Time Relationships." *Quality and Theory of Traffic Flow*, pp. 69-103. Yale University (1961).
38. EDIE, L. C., and FOOTE, R. S., "Traffic Flow in Tunnels." *Proc. HRB*, 37: 334-344 (1958).
39. EDIE, L. C., FOOTE, R. S., HERMAN, R., and ROTHERY, R., "Analysis of Single-Lane Traffic Flow." *Traffic Eng.*, 33: No. 4, 21-27 (Jan. 1963).
40. LIGHTHILL, M. J., and WHITHAM, G. B., "On Kinematic Waves: II. A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads." *Proc. Royal Soc. (London)*, Series A, 229: No. 1178, 317-345 (1955); also, *HRB Spec. Report* 79, pp. 7-35 (1964).
41. RICKER, E. R., "Monitoring Traffic Speed and Volume." *Traffic Quart.*, 13: No. 1 (Jan. 1959).
42. CROWLEY, K. W., "A Comparison Study of Driver Characteristics on Two Limited Access Facilities." Unpubl. thesis, Yale University (1956).
43. *Highway Capacity Manual*. U.S. Govt. Printing Off. (1950) (Out of print)
44. MOSKOWITZ, K., "Waiting for a Gap in a Traffic Stream." *Proc. HRB*, 33: 385-395 (1954).
45. NORMANN, O. K., "Results of Highway Capacity Studies." *Pub. Roads*, 23: No. 4, 57-81 (June 1942).
46. LEWIS, B. J., "Platoon Movement of Traffic from an Isolated Signalized Intersection." *HRB Bull.* 178, pp. 1-11 (1958).
47. KELL, J. H., "Results of Computer Simulation Studies as Related to Traffic Signal Operations." *Proc. Inst. Traffic Eng.*, pp. 70-107 (1963).

LUKU 4

LIIKENTEENVÄLITYSKYKY JA PALVELUTASO

Luvussa 3 esitettiin yhteenveto erityyppisillä teillä havaituista korkeimmista liikennemääristä, minkä lisäksi siinä käsiteltiin liikenteen peruspiirteistä liikennevirran vaihtelut ja liikennemäärän, nopeuden ja liikennetiheyden riippuvuudet erityyppisillä teillä. Tässä luvussa 3. luvun tietoja sovelletaan esittämällä käsikirjan laatineen komitean suositukset seuraavista seikoista:

1. Liikenteenvälityskyvyn numeeriset arvot erityyppisillä teillä katkeamattoman liikennevirran ihanneolosuhteissa.
2. palvelutasot sekä kunkin palvelutason määrittämiskriteerit erityyppisillä teillä.
3. palvelutason yleinen määrittämismenetelmä, kun vallitsevat olosuhteet ja tieosan liikennemäärä tunnetaan.

Ihanneolosuhteista poikkeavissa tapauksissa tehtävät korjaukset, kuten väylän kapenemisesta, näkemien lyhyydestä, pituuskaltevuuksista ja kuorma-autojen osuudesta liikennevirrassa johtuvat korjaukset esitetään luvussa 5. Yleisen palvelutason määrittämismenetelmän sovellutuksia erityyppisillä teillä ja kaduilla esitetään luvuissa 9 ja 10.

LIIKENTEENVÄLITYSKYKY KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIR-RAN OLOSUHTEISSA

Luvussa 3 esitettyjä korkeimpia havaittuja liikennemääriä sekä samassa luvussa esitettyjä ajonopeuden ja liikennemäärän riippuvuuksien tutkimustuloksia on käytetty ohjeina määritettäessä välityskyvyn numeeriset arvot erityyppisille teille ihanneolosuhteissa. Tietyn tieosan liikenteenvälityskyky poikkeaa kyseisen tietyyppin välityskyvyn maksimiarvosta riippuen tien ja sillä liikennöivän liikenteen ominaisuuksien eroavuuksista ihanneolosuhteisiin nähden. Liikenteen analysointia varten ihanneolosuhteet määritellään seuraavasti:

1. Liikennevirta on katkeamaton eikä siinä esiinny ajoneuvoista tai jalankulkijoista johtuvia häiriöitä.
2. Liikennevirrassa on ainoastaan henkilöautoja.

3. Ajokaistat ovat 3.60 metriä leveitä, pientareet ovat riittävät eikä ajotien ulkopuolella ole sivuesteitä 1.80 metriä päällysteen reunaa lähempänä.
4. Maaseudulla maanteilla pysty- ja vaakataso-geometria tyydyttää 112 km/h:n (70 mph) tai sitä suuremman keskimääräisen tienopeuden vaatimukset sekä kaksi- ja kolmikaistaisilla teillä on ohitusnäkemä koko tien pituudella.

On ilmeistä, että vain hyvin harvoilla tieosuuksilla kaikki ihanneolosuhteiden vaatimukset toteutuvat. Joillakin korkealuokkaisin geometrisin standardein suunnitelluilla täydellisellä liitymärajoituksella varustetulla henkilöautoteillä vaatimukset saattavat toteutua, ja monet nykyaikaiset tasaisessa maastossa sijaitsevat moottoritiet pääsevät hyvin lähelle näitä vaatimuksia lukuunottamatta edellytystä, että teillä on vain henkilöautoliikennettä.

On huomattava, että "ihanteelliset" geometriset ja liikenneolosuhteet eivät sellaisenaan ole takeena hyvistä ajo-olosuhteista. Vaikka ihanneolosuhteissa kunkin palvelutason liikennemäärä on korkein, saattaa liikennöiminen välityskykyä tai muuta maksimiliikennemäärää vastaavissa olosuhteissa olla epämiellyttävää jopa edellä määriteltyissä ihanneolosuhteissa.

Monikaistaisilla teillä suurin tietyn poikkileikkauksen ohittava liikennemäärä ihanneolosuhteissa yhdellä ajokaistalla on keskimäärin 1900-2200 henkilöautoa tunnissa. Nämä arvot vastaavat yhden ajokaistan keskimääräistä maksimiliikennemäärää, joka todellisuudessa voidaan tunnin ajanjaksona saavuttaa, kun kaikki pääliikennesuunnan ajokaistat otetaan huomioon keskiarvoa laskettaessa. Eri tutkimuksissa on jollakin ajokaistalla tai lyhyinä ajanjaksoina useimmilla ajokaistoilla todettu korkeampia liikennemääriä, jopa 2400-2500 ajoneuvoa tunnissa, mutta näin korkeita liikennemääriä ei voida saavuttaa koko tunnin aikana kaikilla ajokaistoilla. Jos yksinomaan yhteen suuntaan liikennöivää liikennettä varten on varattu vähintään kaksi ajokaistaa, on monikaistaisen tien liikenteenvälityskyky ihanneolosuhteissa liikenteen

eri ajokaistoille jakautumisesta riippumatta 2000 henkilöautoa tunnissa ajokaistaa kohti.

Kaksikaistaisilla ja kaksisuuntaisilla teillä ohittaminen tapahtuu tavallisesti vastakkaissuuntaisen liikennevirran käyttöön tarkoitetulla ajokaistalla. Molempiin suuntiin liikennöitäessä hitaammin liikkuvat ajoneuvot muodostavat ajoneuvojen väliä aukkoja, jotka liikenteessä voidaan täyttää ainoastaan ohittamalla edellisiä ajoneuvoja. Aukkojen ollessa riittävän pitkiä voi myös vastakkaissuuntainen liikenne käyttää niitä ohituksissa. Korkeilla liikennemäärillä kaksisuuntaisen kaksikaistaisen tien liikenne muodostuu täten ajoneuvojonoista, joiden välillä on aukkoja, jotka ohittavat ajoneuvot osittain täyttävät.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että jos liikenne on tasaisesti suuntajakautunut, huononevat ajoneuvojen ajo-olosuhteet niin paljon, että korkein liikennemäärä kummassakin suunnassa on 1000 henkilöautoa tunnissa. Toisessa äärimmäistapauksessa, kun lähes kaikki liikenne liikkuu samaan suuntaan, voidaan toista ajokaistaa käyttää kokonaan ohitustarkoituksiin. Näissä olosuhteissa liikenteenvälityskyky määräytyy yhdelle ajokaistalle sopivien ajoneuvojen perusteella, koska toinen ajokaista täytyy kuitenkin pitää vastakkaissuuntaisen liikenteen käytössä. Kaksikaistaisen ja kaksisuuntaisen tien liikenteen kokonaisvälityskyky ihanneolosuhteissa on täten 2000 henkilöautoa tunnissa liikenteen suuntajakautumasta riippumatta.

Tyypillisellä kolmikaistaisella kaksisuuntaisella tiellä liikenteen käyttäytyminen on varsin samantyyppistä kuin kaksikaistaisilla teillä, paitsi että molemmissa suunnissa tapahtuvia ohituksia varten on varattu ylimääräinen ajokaista. Jos liikenne on ihanneolosuhteissa tasaisesti suuntajakautunut, liikenteen välityskyky lähenee kahdelle ajokaistalle sopivien ajoneuvojen määrää, koska keskimääräistä kaistaa voidaan käyttää ohittamisiin, joilla täytetään pitkät aukot ajoneuvojen välissä. Toisaalta pääasiallisesti yhteen suuntaan tapahtuva liikenne käyttää voimakkaasti keskimääräistä ajokaistaa, jolloin liikennevirran ominaisuudet ovat samanlaiset kuin yhden suunnan liikenteessä nelikaistaisella tiellä. Kolmikaistaisen ja kaksisuuntaisen tien liikenteen välityskyky ihanneolosuhteissa on noin 4000 henkilöautoa tunnissa liikenteen suuntajakautumasta riippumatta. Em. arvo saattaa huomattavasti alentua, jos tien geometriset ominaisuudet ovat heikot. Jopa yksi lyhyt näkemä saattaa alentaa kolmikaistaisen kaksisuuntaisen tien liikenteen välityskyvyn 2000 ajoneuvoon tunnissa yhdessä suunnassa, jolloin välityskyvyn kokonaisarvo määräytyy liikenteen suuntajakautuman perusteella.

Nykyisin käytetään yhä enemmän liikenteen ohjausjärjestelyjä jäljellä olevien kolmikaistaisen tien keskimääräisen ajokaistan liikenteen ohjaamiseksi, jolloin keskimääräinen kaista joko osoitetaan

Taulukko 4.1 LIIKENTEENVÄLITYSKYKY KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRAN IHANNEOLOSUHTEISSA

TIETYYPPPI	LIIKENTEENVÄLITYSKYKY (HA/H)
Monikaistainen	2000/ajokaista
Kaksikaist., kaksisuunt.	2000 yht. mol. suuntiin
Kolmikaist., kaksisuunt.	4000 yht. mol. suuntiin

kulloinkin raskaamman liikennesuunnan käytettäväksi tai se varataan kummastakin suunnasta tulevien vasempaan kääntyvien ajoneuvojen käyttöön. Tällaisista ratkaisuista on kuitenkin vielä niin vähän tietoja käytettävissä, että liikenteen välityskyvyn arvoja ei voida määrittää.

Tärkeimpien tietyyppien liikenteenvälityskyvyt katkeamattoman liikennevirran aikana ihanneolosuhteissa on esitetty yhteenvedona taulukossa 4.1.

On kuitenkin muistettava, että taulukon lukuarvot määritettiin useilla eri teillä toisistaan poikkeavissa olosuhteissa tehtyjen tutkimusten perusteella. Kaikissa tapauksissa ei ollut mahdollisuuksia osoittaa, että laskettu liikennemäärä vastaisi tien suurinta liikenteenvälityskykyä, koska suurimmat havaitut liikennemäärät samassakin pisteessä eri aikoina vaihtelivat jonkin verran. Täten kutakin taulukossa 4.1. esitettyä liikenteenvälityskyvyn arvoa tulisi pitää keskimääräisenä maksimiliikenteenä tai sellaisena maksiliikennemäärän arvona, joka kohtuullisen todennäköisesti esiintyy usein kyseisellä tietyyppillä ihanneolosuhteissa.

Tässä yhteydessä on myös todettava, että esim. pienehköt onnettomuudet tai ajoneuvojen rikkoutumiset, jotka liikennetutkimuksissa usein katsotaan epänormaaleiksi tai poikkeuksellisiksi, voivat itse asiassa olla varsin tavallisia raskaasti liikennöidyillä teillä tai saattavat mahdollisesti esiintyä useita kertoja millä tahansa tieosuudella liikenteen huippujen aikana. Tällöin ei olisi oikein olettaa määrääväksi laskentaperusteeksi sellaista harvinaista tapausta, jolloin em. onnettomuutta ei ole tapahtunut, vaan realistisempi liikennemäärän maksimiarvo on tarpeen.

Ihanneolosuhteiden esiintyessäkin on seuraavan kolmen tekijän oltava voimassa: (Korostettakoon, nämä tekijät ovat ehdoton edellytys sille, että edellä esitetty liikennemäärät voidaan käytännössä saavuttaa.)

1. Välittömästi ennen tutkittavaa tieosaa tulee esiintyä vähintään liikenteenvälityskyvyn suuruinen liikennetarve, ja tutkimuskohtaa edeltävän tieosan tulee pystyä se välittämään.
2. Tutkittavasta tieosasta eteenpäin täytyy tiellä olla riittävä välityskyky, jotta liikenne pääsee etenemään.

3. Ulkonaisten tekijöiden, esim. sään tulee olla sellainen, että tien parhaat ominaisuudet voidaan käyttää hyväksi.

Vaikka taulukon 4.1. lukuarvot eivät sellaisenaan ole sovellettavissa monillekaan teille, muodostavat ne jatkossa esitettävien liikenteen välityskyvyn ja palvelutason määrittämisen perustan. Esitettyjä lukuarvoja käytettäessä tarvittavia todellisia tieolosuhteista vastaavia korjauksia käsitellään luvussa 5.

LIIKENTEENVÄLITYSKYKY KATKAISTUN LIIKENNEVIRRAN OLOSUhteissa

Katkeamattoman liikennevirran olosuhteista poiketen voidaan vain muutamia yleisiä perusteita esittää katkaistun liikennevirran olosuhteita varten. Liikenteenvälityskyvyn perusarvoja ihanneolosuhteissa ei voida määrittellä, koska muuttujia on liian monta. Katkaistun liikennevirran tutkiminen edellyttää yksityiskohtaista selvitystä liikenteen katkoja aiheuttavista tekijöistä. Vaikka esim. liikennevaloin varustettu risteys ilmeisimmin on tällainen tekijä, saattavat jotkin keskeillä korttelia tapahtuneet liikennevirran katkeamiset olla yhtä merkitseviä.

Yleisesti ottaen voidaan seuraavat kaksi perustavaa laatua olevaa rajoittavaa tekijää esittää:

1. Kaupunkialueiden pääkaduilla yksi ajokaista voi vain harvoin välittää suurempia redusoituja liikennemääriä (hetkellisiä liikennemääriä) kuin 2000 henkilöautoa liikennevalojen vihreätä tuntia kohti, vaikka liikennevalojen progressiivisuus olisi ihanteellinen.
2. Häiriöstä aiheutunut pysähtyneiden ajoneuvojen jono purkautuu häiriökohdasta harvoin tehokkaammin kuin 1500 henkilöautoa tunnissa ajokaistaa kohti laskettuna sellaisesta ajasta, jolloin pysähdyksen aiheuttanut häiriötä ei esiinny.

On huomattava, että molemmat esitetyt arvot vastaavat redusoituja tuntiliikennemääriä (hetkellisiä arvoja) eivätkä suoranaisia tuntiliikennemääriä. Täten arvot osoittavat suurimman liikennemäärän, joka katkaistun liikennevirran olosuhteissa ohittaa tutkimuskohdan, kun riittävän monta liikenteen liikkeellölon ajanjaksoa yhteenlaskemalla saadaan summaksi 60 minuuttia. Ne eivät vastaa yhden tunnin todellisia liikennemääriä, jotka tyypillisesti ovat huomattavasti alhaisempia. Täten näitä arvoja ei voida käyttää "sormituntuman" saamiseksi samassa mielessä kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa esitettyjä liikenteenvälityskyvyn arvoja.

PALVELUTASOT

Kun tien liikennemäärä on yhtä suuri kuin sen välityskyky, ajo-olosuhteet ovat huonot jopa ihan-

teellisissa tie- ja liikenneolosuhteissa. Nopeudet ovat alhaisia ja huomattavia viivästyksiä aiheuttavia pysähdyksiä tapahtuu usein. Jotta tiellä olisi sen käyttäjiä tyydyttävä palvelutaso, on tien liikennemäärän aina oltava välityskykyä alhaisempi. Korkein liikennemäärä, joka voi kullakin palvelutasolla välittyä, on kyseisen "palvelutason välityskyky". Useita tällaisia välityskykytasoja on erikseen määritelty tässä käsikirjassa.

Tienkäyttäjää ei juuri pysty havaitsemaan varsinaisista liikennemäärästä, mutta hän voi havaita korkean liikennemäärän aiheuttamat tien tai kadun liikennöimisen nopeutta, mukavuutta, joustavuutta, taloudellisuutta ja turvallisuutta koskevat vaikutukset. Täten palvelutasoa arvosteltaessa on otettava huomioon mm. seuraavat tekijät:

1. Nopeus ja matka-aika. Nopeutta ja matka-aikaa tarkasteltaessa on käyttönopeuden lisäksi otettava huomioon myös tieosan matkustamiseen käytetty kokonaismatka-aika.
2. Liikenteen katkot tai rajoitukset. Näihin kuuluu esim. pysähdysten lukumäärä kilometriä kohti, aiheutuneet viivästykset sekä liikennevirran mukana pysymiseen tarvittavien nopeuden muutosten suuruus, toistuminen ja äkkinäisyys.
3. Ajovapaus. Tässä otetaan huomioon vapaus pitää yllä haluttua käyttönopeutta.
4. Turvallisuus. Tähän kohtaan kuuluu onnettomuuksien lisäksi myös potentiaaliset vaaratekijät.
5. Ajomukavuus ja joustavuus. Näillä suureilla mitataan tien ja liikenneolosuhteiden ajomukavuuteen kohdistuvia vaikutuksia sekä sitä, miten tie vastaa palvelultaan ajajan asettamia ajamisen joustavuuden vaatimuksia.
6. Taloudellisuus. Tällä mitataan ajoneuvon käyttökustannuksia tiellä.

Kaikkien edellä mainittujen tekijöiden tulisi ihanne tapauksessa sisältyä palvelutason arvosteluun. Nykyisin ei kuitenkaan ole riittävästi tietoja kaikkien tekijöiden arvojen tai suhteellisten painokertoimien määrittämiseksi.

Perusteellisen harkinnan jälkeen käsikirjan laatunut komitea valitsi ajonopeuden merkittävimäksi palvelutasoa kuvaavaksi tekijäksi. Edelleen käsikirjan laatijat käyttävät toista mittaa: joko liikennetarpeen suhdetta liikenteenvälityskykyyn tai palvelutason välityskyvyn suhdetta liikenteenvälityskykyyn riippuen kulloinkin käsiteltävästä tilanteesta. Vaikka suositellut palvelutasojen määrittämis menetelmät eivät käsitä kaikkia toivottaviksi todettuja tekijöitä, voidaan kahden tekijän katsoa muodostavan tähän astiseen kokemukseen perustuvan käytännöllisen mittausten menetelmän.

Käytännössä em. kertoimista jälkimmäisestä käytetään nimitystä "käytösuhde". Jos tehtävänä on määrittää palvelutaso liikennetarpeen ja välityskyvyn perusteella, liikennemäärä vastaa ensi si-

jaisesti liikennetarvetta. Se vastaa luonnollisesti myös palvelutason välityskykyä, mutta vain sattumalta se voi olla täsmälleen yhtä suuri kuin tietyn ennalta määritellyn palvelutason välityskyky. Tavallisesti kyseinen liikennemäärä on jossakin kahden määritellyn palvelutason rajojen välillä. Jos taas liikenteenvälityskyky ja vaadittu palvelutaso on etukäteen määriteltä, käytetään käyttösuhteen liikennemääräterminä v kyseisen palvelutason ylärajaa osoittavaa liikennemäärää. Täten seuraavassa tekstissä käyttösuhteen liikennemäärätermi v voi tarkoittaa joko liikennetarvetta vastaavaa liikennemäärää tai palvelutason välityskykyä asiayhteydestä riippuen.

Koska erityyppisten teiden ohjenopeus voi vaihdella huomattavasti, voivat joillakin teillä esiintyvät varsin alhaiset käyttö- tai matkanopeudet johtua tien fyysisistä ominaisuuksista eikä liikenteen ominaisuuksista tietä käyttävästä liikennemäärästä riippumatta. Täten yksikäsitteinen palvelutasojen määrittely, joka olisi käyttökel-poinen kaikilla kaduilla ja teillä, ei ole mahdollinen. Tämän vuoksi käsikirjassa esitellään erilliset suositellut palvelutason mittaamistavat useille tärkeimmille tiettyypeille sekä em. mittaamistavoista riippuvat menetelmät tietyille tien erityisosiille. Jopa määrätyn tietyyppin suunnittelustandardien poikkeavuudet vaikuttavat siten, että joidenkin teiden palvelutaso on toisia parempi.

Palvelutason mittana käytetty nopeus voi olla joko käyttönopeus tai keskimatkanopeus tiettyypistä riippuen. Jos tiellä esiintyy yleensä katkeamaton liikennevirta, käytetään nopeutena käyttönopeutta. Maaseutualueiden tiet käsitellään yleensä täten. Keskimatkanopeutta käytetään kaupunkialueiden pääkatuja tai keskustan katuja tarkasteltaessa sekä yleensä katkaistun liikennevirran olosuhteissa, koska tällaiset nopeustiedot yleensä ovat kaupunkialueilla saatavissa.

Käyttönopeus kuvaa yleensä tien kokonaissuorituskykyä. Kun lisäksi tutkitaan liikennemäärän ja liikenteenvälityskyvyn suhteita (käyttösuhteita), saadaan liikennetiheydestä ja ajovapaudesta lisätietoja.

Kukin palvelutaso tulisi ymmärtää tiettyjen ajonopeuksien ja käyttösuhteiden rajoittamana vaihtelualueena. Tässä kirjassa esitetyt palvelutasojen rajakohtia vastaavat nopeudet ja liikennemäärät osoittavat ko. palvelutason alimman hyväksyttävän nopeuden ja korkeimman hyväksyttävän liikennemäärän. On kuitenkin muistettava, että kyseisen palvelutason vaihtelualue ulottuu seuraavaksi korkeamman tason alarajalle asti. Nopeuksien ollessa korkeampia tai liikennemäärien alhaisempia kuin annetut arvot, ajo-olosuhteet ovat joko yhtä hyvät tai paremmat kuin määriteltä palvelutaso. Liikennetiheyden kasvaessa ja liikennepalvelun laadun aletessa saavutetaan palvelutason alaraja

vain sattumalta samanaikaisesti molempien tekijöiden osalta. Tavallisimmin toinen tekijöistä määrittelee palvelutason rajan, koska kumman tahansa tekijän arvon ylitettyä palvelutason raja-arvon katsotaan palvelun alentuneen seuraavalle tasolle.

Edellisen perusteella on määriteltä seuraavat liikenteenvälityskyvyn ja palvelutason riippuvuuksia koskevat perusteet:

1. Liikennemäärä ja liikenteenvälityskyky ilmaistaan henkilöautojen lukumääränä tunnissa kullekin tutkittavan tiejakson osalle. Liikennetarve ja liikenteenvälityskyky saattavat vaihdella huomattavasti tiejakson eri osilla ja koko jakson keskimääräiset arvot eivät useinkaan kuvaa riittävästi tiejakson kaikkien kohtien olosuhteita. Tiejakson erilaisiin osiin jakamisen yksityiskohtaisuus erillistä tarkastelua varten riippuu luonnollisesti tutkimuksen luonteesta.
2. Jäykästi määriteltynä palvelutaso koskee verraten pitkää tiejaksoa. Tällaisella tiejaksolla ajo-olosuhteet saattavat vaihdella eri poikkileikkauksissa tai eri tieosilla liikennetarpeen tai välityskyvyn muutoksista johtuen. Tien rakenteellisen välityskyvyn vaihtelut johtuvat esim. tien leveyden muutoksista, pituuskaltevuuksista, liittyvistä tai erkanevista rampeista, sekoittumisalueista, sivuesteistä sekä liittymistä. Liikennemäärän vaihtelut johtuvat yleensä säännöttömin välimatkoin esiintyvien liittymien kautta poistuvista tai saapuvista liikennemääristä. Tiejakson palvelutasoa määritettäessä on määrättyissä rajoissa otettava huomioon kaikkien näiden poikkeuksellisten poikkileikkausten tai tieosien koko tiejaksolle asettamat rajoitukset. Tämän vuoksi laskelmissa on joidenkin poikkileikkausten tai tieosien suhde laajemmin määriteltäyn palvelutasokäsitteeseen otettava huomioon.
3. Liikennemäärä ja käyttönopeutta tai keskimatkanopeutta on tarkasteltava jokaisessa poikkileikkauksessa tai jokaisella tieosalla, jonka ominaisuudet ovat verraten yhdenmukaiset. Tämän jälkeen lasketaan koko tiejaksolle painotettu tienopeus tai keskimatkanopeus ja määritetään vastaava palvelutaso.
4. Liikenteenvälityskyvyn ja palvelutason arvosteluun käytettyjen muuttujien arvot tai luokat ovat helposti määritettävissä käytettävissä olevista tiedoista. Liikenteenvälityskykyä varten tarvitaan tiettyyppi, sen geometriset ominaisuudet, keskimääräinen tienopeus, liikenteen ajoneuvokoostumus sekä liikennemäärän aikavaihtelut. Palvelutason määrittämiseksi tarvitaan lisäksi nopeus ja käyttösuhde.

5. Nopeus ja käyttösuhde määrittelevät eri palvelutasojen rajat, ja käytännön suunnittelua varten esitetään niiden arvot kullekin seuraavista tietyyypeistä:

- moottoritiet ja moottorikadut
- muut monikaistaiset tiet
- kaksi- ja kolmikaistaiset tiet
- kaupunkialueiden pääkadut
- keskustan kadut (ainoastaan likiarvot).

Edellisiin liittyvät, erityiskohteita koskevat palvelutasot määritellään mm. liittymille, ramp-piliittymille ja sekoittumisalueille.

6. Käytännön työssä tapahtuvaan palvelutasojen määrittämiseen käytetyt erityyppisillä teillä tarvittavat tekijät on esitetty taulukossa 4.2.

ERI PALVELUTASOJA VASTAAVAT AJO-OLOSUHTEET

Tämän kirjan laatijat ovat valinneet kuusi palvelutasoa, joita käytetään määriteltäessä ajo-olosuhteita erilaisissa olemassaolevissa nopeus- ja liikennemääräolosuhteissa kaikilla teillä tai kaduilla. On huomattava, että erityisolosuhteita varten voidaan määritellä näiden palvelutasojen väliltä tiettyjä tasoja. Seuraavassa esitettävät määritelmät koskevat katkeamatonta liikennevirtaa ja ne ovat varsin yleisluontoisia. Yksikäsitteiset arvot on esitetty luvuissa 9 ja 10 tietyypeittäin. Palvelutasot A-F (parhaasta huonoimpaan) kattavat kaikki liikenteessä esiintyvät olosuhteet. Monilla teillä ja kaduilla ei ylimpiä palvelutasoja voida saavuttaa.

Määrätyn tyyppisen tien liikenteelliset olosuhteet ja liikennöimisen vapaus katsotaan kuuluvaksi kulloinkin kyseessä olevaan palvelutason A, B, C tai D, jos edellä käsiteltyjen kahden tekijän palvelutasolle osoitetut rajat saavutetaan. Tällaisissa olosuhteissa tulee

- käyttönopeuden tai keskimatkanopeuden olla vähintään yhtä suuri kuin kyseiselle palvelutasolle osoitettu nopeus, ja
- liikennetarvetta osoittavan liikennemäärän ja välityskyvyn suhde millään tien osalla ei saa ylittää ko. palvelutason raja-arvoa.

Palvelutaso E vastaa olosuhteita, joissa liikennemäärä on yhtä suuri tai hieman pienempi kuin tien välityskyky (liikennetiheys on kriittinen).

Palvelutaso F vastaa korkean liikennetiheyden olosuhteita, jolloin nopeudet ovat alhaisia ja vaihtelevat huomattavasti. Tätä palvelutasoa ei voida tarkoituksenmukaisesti kuvata nopeuden tai käytösuhteen arvoilla, jotka saattavat vaihdella huomattavasti.

Palvelutaso A kuvaa häiriytymättömän liikennevirran olosuhteita, joissa liikennemäärät ovat alhaisia ja nopeudet korkeita. Liikennetiheys on alhainen ja ajonopeus määräytyy ajajan toiveiden, nopeusrajoitusten ja tien fyysisten ominaisuuksien perusteella. Ajoneuvot eivät näissä olosuhteissa yleensä häiritse toisiaan ja ajajat voivat ylläpitää haluamiaan nopeuksia. Viivästyksiä ei yleensä ilmene.

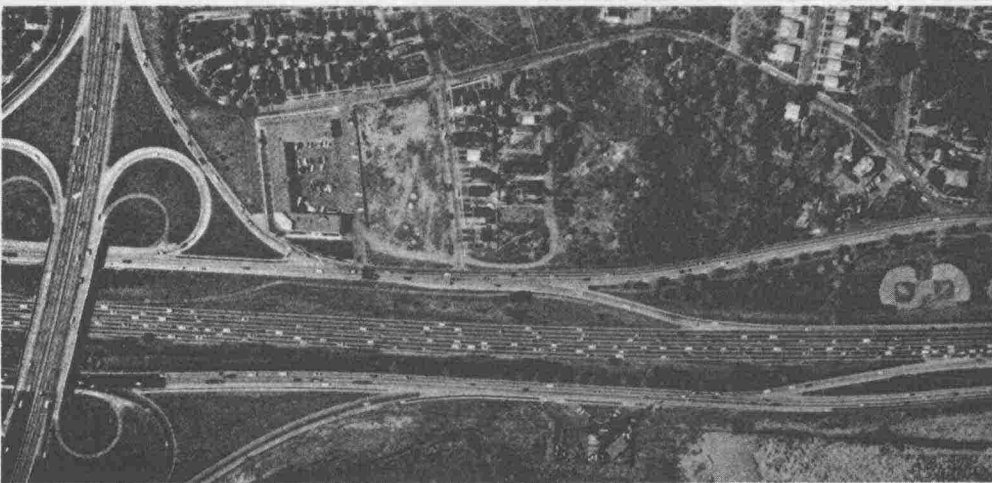
Palvelutasolla B liikennevirta on vakaa, mutta liikenneolosuhteet rajoittavat hieman käyttönopeuden valintaa. Ajajat voivat vielä näissä olosuhteissa valita nopeutensa ja ajokaistansa kohtalaisen vapaasti. Nopeuden aleneminen ei vielä ole merkittävä ja liikennevirran häiriöt eivät ole kovin todennäköisiä. Palvelutason B alarajaa (alhaisin nopeus, korkein liikennemäärä) on suositeltu käytettäväksi maaseudun maanteiden suunnittelussa.

Palvelutasolla C liikennevirta on vielä vakaa, mutta korkeammat liikennemäärät rajoittavat ajonopeutta huomattavasti. Useimmat ajajat eivät

Taulukko 4.2 PALVELUTASON MÄÄRITTÄMISPERUSTEET

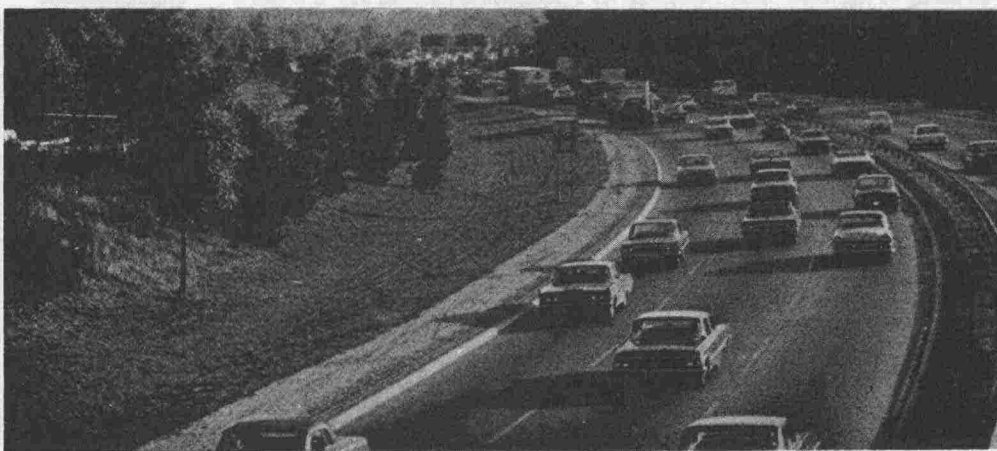
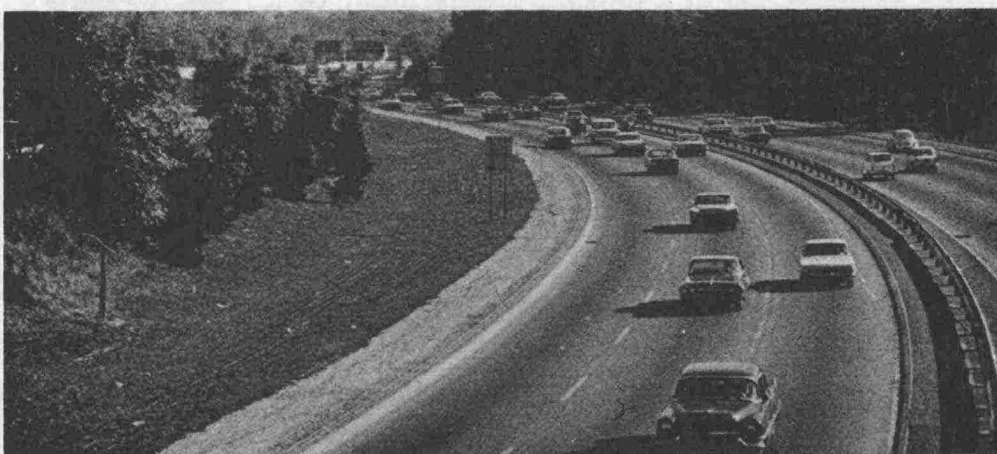
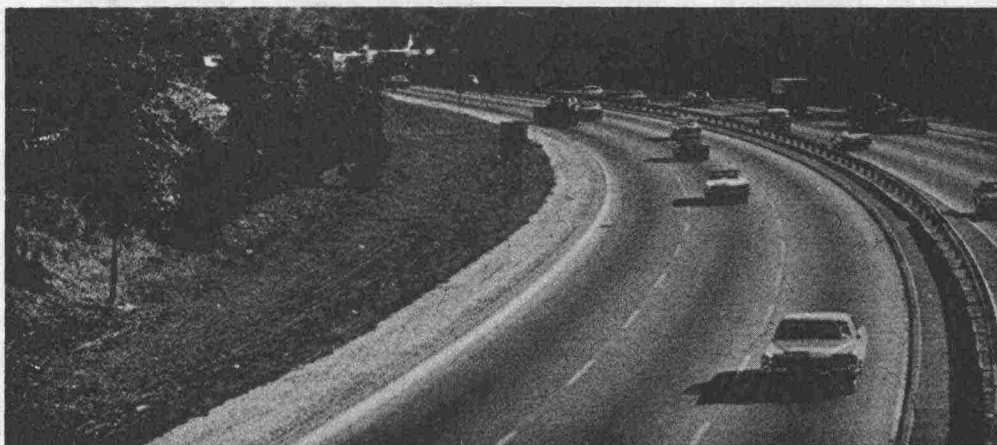
PERUSTE	MOOTTORI-TIET	MONI-KAISTAISET MAANTIET	KAKSI- JA KOLMIKAIST. MAANTIET	KAUPUNKIALUEIDEN PÄÄKADUT	KESKI-KAUPUNGIN KADUT
Perustekijät					
Tieosan käyttönopeus	X	X	X		
Keskimatkanopeus				X	X
Käyttösuhde:					
a) Kriittisin piste	X	X	X	X	
b) Kukin tieosa	X	X	X	X	
c) Koko tiejakso	X	X	X	X	
Muut tekijät					
a) Keskimääräinen tienopeus	X	X	X		
b) Ajokaistojen lukumäärä	X				
c) Näkemä			X		

Monikaistaisen moottoritien palvelutason käsite il-
makuvassa. Palvelutasot keskimmaisella tiellä.
Keskellä vasemmalla: palvelutaso B, liikennevirta
vakaa, käyttönopeus vähän rajoitettu. Alhaalla va-
semmalla: palvelutaso C, liikennevirta vakaa, lii-
kennemäärä korkeampi, enemmän nopeuteen ja kaistan-
vaihtoon kohdistuvia rajoituksia. Ylhäällä oikeal-
la: palvelutaso D, lähestytään epävakaata liikenne-
virtaa, ajamisen vapaus alhainen, tilanne siedet-
tävä lyhyinä ajanjaksoina. Keskellä oikealla:
palvelutaso E, liikennevirta epävaka, käyttönopeu-
det alhaisempia kuin tasolla D, joitakin hetkellisiä
pysähdyksiä. Alhaalla oikealla: palvelutaso F,
"pakotettu" liikennevirta, nopeudet alhaisia, py-
sähtyneitä ajoneuvoja kertyy tielle, pysähdykset
yleisiä.

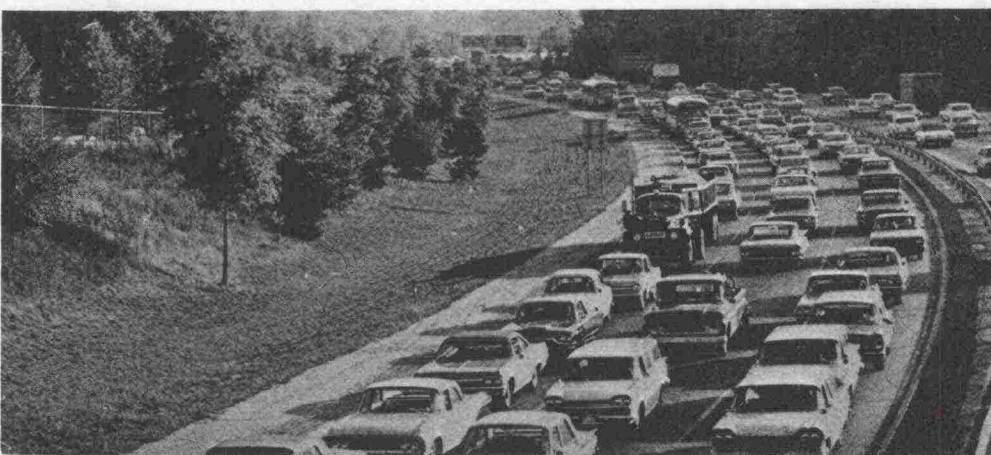
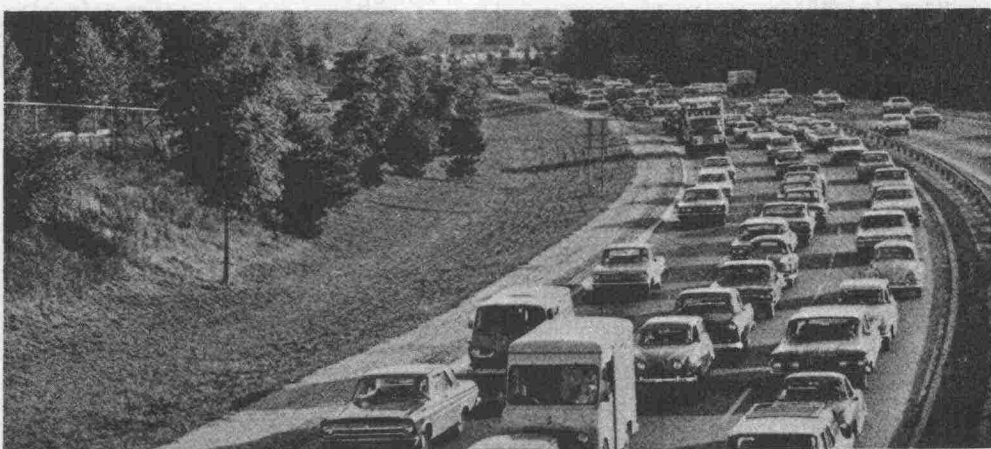
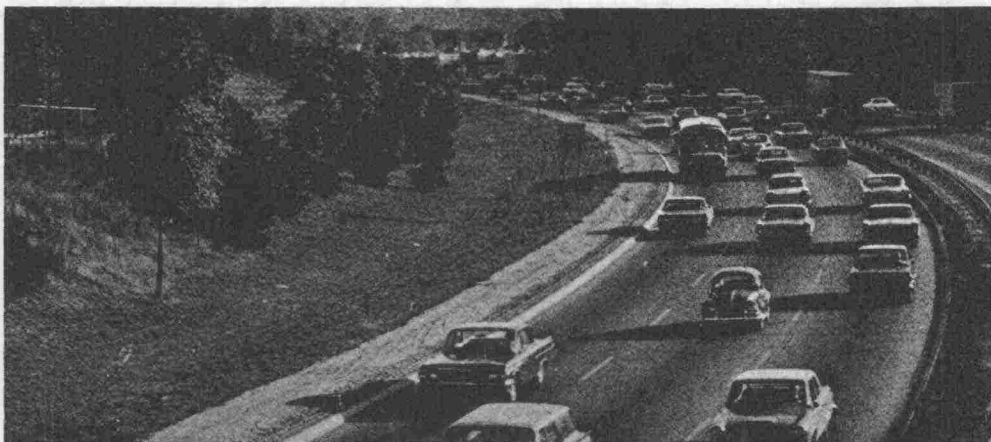




Palvelutason käsite liikenteen ylävirtaan katsottuna. Ajo-olosuhteet samanlaiset kuin sivujen 70 ja 71 kuvissa. Palvelutasolla A ei käyttönopeus ole millään tavalla rajoitettu. Ylhäällä vasemmalla:



palvelutaso A. Keskellä vasemmalla: palvelutaso B.
Alhaalla vasemmalla: palvelutaso C. Ylhäällä oi-
kealla: palvelutaso D. Keskellä oikealla: palvelu-
taso E. Alhaalla oikealla: palvelutaso F.



voi enää valita vapaasti ajonopeuttaan, vaihtaa ajokaistaa tai ohittaa. Käyttönopeus on vielä näissä olosuhteissa suhteellisen tyydyttävä. Palvelutasoa C voitaneen käyttää suunnitteluperusteena kaupunkialueilla.

Palvelutasolla D liikennevirran ominaisuudet lähestyvät epävakaita olosuhteita, mutta käyttönopeudet ovat siedettäviä, joskin ajo-olosuhteiden muutokset vaikuttavat niihin huomattavasti. Liikennemäärien vaihtelut ja ajoittaiset liikennevirran häiriöt saattavat alentaa käyttönopeuksia huomattavasti. Ajovapaus sekä ajamisen mukavuus ja joustavuus ovat alhaisia, mutta olosuhteet ovat siedettäviä rajoittuessaan lyhyiksi ajanjaksoiksi.

Palvelutasoa E ei voida kuvata yksinomaan nopeuden perusteella. Käyttönopeudet ovat alhaisempia kuin palvelutasolla D ja liikennemäärät ovat suunnilleen tien liikenteenvälityskykyä vastaavia. Kun liikennemäärä on yhtä suuri kuin välityskyky ovat nopeudet yleensä, joskaan eivät aina n. 48 km/h (30 mph). Liikennevirta on epävakaa, ja lyhytaikaisia pysähdyksiä saattaa esiintyä.

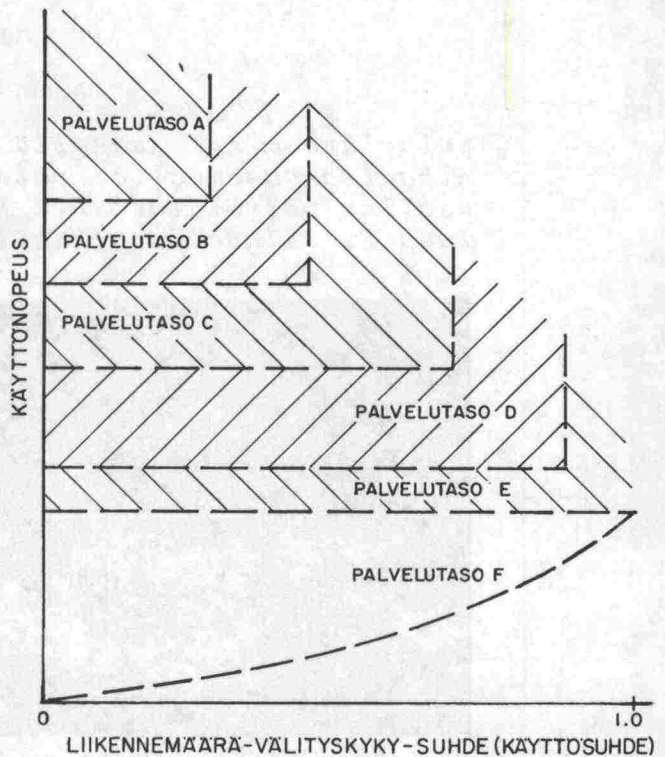
Palvelutasolla F liikennevirta on "pakotettua" ja käyttönopeudet alhaisia, vaikka liikennemäärät ovat välityskykyä alhaisempia. Tällaiset olosuhteet johtuvat tavallisesti liikennevirran häiriön aiheuttamasta liikennevirrassa sen kanssa vastakkaiseen suuntaan "etenevästä" jonosta. Tutkittavalle tieosalle kertyy pysähtyneitä ajoneuvoja jopa koko huipputunnin ajan. Nopeudet ovat hyvin alhaisia ja ruuhkautumisesta johtuvia sekä lyhytettä pitkäaikaisia pysähdyksiä esiintyy. Ääritapauksessa sekä nopeus että liikennemäärä voivat alentua nollaan.

Edellä kuvatut palvelutasot on esitetty periaatteen osoittavana kaaviona kuvassa 4.1.

YHTEENVETO

Tässä luvussa on esitetty ainoastaan yleistetyt saavutettavissa olevan palvelutason määrittämismenetelmät tyypillisimmillä tiejaksoilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Liikenteenvälityskyvyn, palvelutasojen välityskyvyn ja palvelutasojen yksityiskohtaiset määrittämismenetelmät on esitetty luvuissa 9 ja 10. Keskeisimpinä periaatteina voidaan pitää seuraavia työvaiheita:

1. Tiejakso jaetaan tieosiin, joilla liikenteenvälityskyvyn kannalta on kohtalaisen yhdenmukaiset olosuhteet. Lisäksi määritetään mahdolliset erilliset tien yksityiskohtat, joilla kriittisiä kapenemia saattaa esiintyä.



Kuva 4.1.
Palvelutason yleinen riippuvuus käyttönopeudesta ja käyttösuhteesta. (Ei oikeassa mittakaavassa.)

2. Kullekin tieosalle ja kriittiselle kohdalle määritetään liikenteenvälityskyky, liikennetarve ja käyttösuhte. Liikenteenvälityskyky saadaan soveltamalla luvussa 5 esitettyjä kyseisen tapauksen mukaisia korjauskertoimia tietyyppin ihanteelliseen välityskykyyn. Tällä tavoin korjataan tien fyysisistä ominaisuuksista (esim. leveydestä, sivusteista, pituuskaltevuudesta) ja liikenteestä johtuvista tekijöistä (esim. raskaiden ajoneuvojen osuudesta) johtuvat poikkeamat ihanneolosuhteista.

Pyrittäessä määrittämään palvelutaso tarkasti on todellisen liikenteenvälityskyvyn sijasta perusarvona käytettävä "perusliikennemäärää", joka on saatu käyttämällä korjauskertoimia, jotka ovat ko. palvelutasolla eri suuria kuin välityskyvyllä. Perusliikennemäärä lasketaan siis samalla tavalla kuin liikenteenvälityskyvyn korjattu arvo, paitsi että korjauskertoimet poikkeavat toisistaan.

3. Kullakin tieosalla käytetään tuloksena olevaa liikennemäärän ja välityskyvyn suhdetta eli käyttösuhdetta (tai tarkemmin laskettaessa liikennemäärän ja perusliikennemäärän suhdetta), jonka avulla määritetään kyseisen tieosuuden käyttönopeus. Käyttönopeus saadaan luvuissa 9 ja 10 esitetystä nopeuden ja liikennemäärän suh-

teita kuvaavista taulukoista tai käyristä tietyyppin ja keskimääräisen tienopeuden perusteella. Haluttaessa voidaan kunkin yksityisen tieosuuden palvelutaso määrittää näiden suureiden avulla luvuissa 9 ja 10 esitettyjä menetelmiä käyttäen.

(Huom: Käyttönopeus ei vastaa yleisesti liikennetutkimuksissa todettuja nopeuksia, koska se voidaan määrittää vain koeajoilla, jolloin ajoneuvolla ajetaan niin nopeasti kuin on mahdollista ohjenopeutta ylittämättä eri palvelutasoilla, ja nopeus mitataan. Jos tällaiset koeajot on suoritettu, voidaan saatua nopeutta käyttää sellaisenaan.)

4. Eri tieosat yhdistämällä määritetään koko tiejakson palvelutaso. Ensin lasketaan käyttönopeuksien ja käyttösuhteiden painotetut keskiarvot koko tiejaksolle luvuissa 9 ja 10 esitetyllä tavalla. Tämän jälkeen käytetään laskettuja painotettuja käyttönopeutta ja käyttösuhdetta määriteltäessä koko tiejakson palvelutaso kyseistä tietyyppiä koskevilla luvuissa 9 ja 10 esitetyillä menetelmillä.
5. Tiejakson kriittisin käyttösuhte tarkistetaan, jotta voidaan varmistua siitä, että missään kohdassa liikenteenvälityskykyä ei ylitetä. Jos tiejakson eri osille on määriteltä vaadittu palvelutasot tai käyttösuhteet, tarkistetaan edelleen, ettei asetetuista vaatimuksista missään kohdassa poiketa.

Seuraavassa (taulukko 4.3) esitetään edellisistä menetelmistä yksinkertainen esimerkki, joka kä-

sittelee maaseudulla sijaitsevaa tiejaksoa, jonka fyysiset ominaisuudet ja liikenneolosuhteet sekä arvioitu liikennetarve tunnetaan.

Tulokset

Esimerkin tuloksina on saatu koko tiejakson käyttönopeudeksi 74 km/h (45.8 mph), käyttösuhteeksi 0.59 ja kriittiseksi käyttösuhteeksi 0.71. Edellisten tulosten perusteella määritellään palvelutaso, kun liikennetarve on 2000 ajon./h.

Luvussa 10 esitetyin perustein saadaan tulokseksi palvelutaso C, minkä lisäksi todetaan, että pituuskaltevuudet eivät aiheuta palvelutason alenemista seuraavalle tasolle.

Katkeamattoman liikennevirran palvelutasojen välityskyvyn ja palvelutasojen periaatteet saattavat ensin näyttää varsin poikkeavilta aikaisempiin menetelmiin verrattuna, mutta perusajatus on kuitenkin muuttunut vain vähän. Molemmassa tapauksissa käytetyt suureet ovat välityskykyä pienempi liikennemäärä ja sitä vastaava käyttönopeus. Aikaisemmissa menetelmissä voitiin valita kaksi välityskykyä pienempää liikennemäärätasoa nimittäin "käytännöllinen välityskyky kaupunkiseudulla" ja "käytännöllinen välityskyky maaseudulla", joka kumpikin määriteltiin riippuviksi käyttönopeuden vaihtelusta määrätyissä rajoissa. Kaksi-, kolmi- ja monikaistaisille teille määriteltiin erilaiset liikennemäärien arvot, mutta nopeustasot olivat suunnilleen samanlaiset.

Uusissa menetelmissä voidaan valita neljästä liikenteenvälityskykyä pienemmästä palvelutasosta, jois-

Taulukko 4.3 ESIMERKKI PALVELUTASON MÄÄRITTÄMISESTÄ YKSIAJORATAISELLA NELIKAISTAISILLA MAANTIELLÄ KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRRAN OLOSUhteissa. EI LIITTYMÄRAJOITUSTA.

TARKASTELUKOHDE	IHANTEELL. GEOMETRIAN TIEOSA	KAARRE- OSUUS	NÄKEMÄ- RAJOITETTU OSUUS	PITUUS- KALTEVA OSUUS
Pituus km(mi)	3.2(2.0)	0.8(0.5)	2.4(1.5)	1.6(1.0)
Keskimääräinen tienopeus km/h(mph)	112(70)	80(50)	96(60)	112(70)
Liikenteenvälityskyky, ihanneolosuhteet ^a	4000	4000	4000	4000
Korjauskerroin ^b	0.95	0.90	0.85	0.70
Liikenteenvälityskyky, todellinen ^a	3800	3600	3400	2800
Liikennetarve(tuntiliikenne) ^a	2000	2000	2000	2000
Käyttösuhte	0.53	0.56	0.59	0.71
Käyttösuhteen painotettu keskiarvo	← 0.59 →			
Käyttönopeus ^c km/h(mph)	82(51)	61(38)	67(42)	72(45)
Käyttönopeuden painotettu keskiarvo km/h(mph)	← 73.3(45.8) →			

^a Yhteen ajosuuntaan

^b Kts. luku 5

^c Kunkin tieosan käyttönopeus on määritetty käyttönopeuden ja käyttösuhteen riippuvuutta osoittavista ko. tietyyppiä ja keskimääräistä tienopeutta koskevista kuvaajista.

ta jokainen on riippuvainen käyttönopeudesta. Näiden tasojen avulla voivat paikalliset hallinto-
viranomaiset tai suunnittelijat valita paikalli-
siin olosuhteisiin sopivimman liikennöimisen tyy-
pin. Tässä teoksessa on määritelty erilaiset sekä
liikennemäärän että nopeuden arvot, jotka määrit-
tävät moottoriteiden, monikaistaisten liittymä-
joituksella varustamattomien ja kaksikaistaisten
teiden palvelutason. On huomattava, että mootto-
riteiden ja muiden monikaistaisten teiden palvelu-
taso voidaan määrittää erikseen kumpaankin liik-
enöimissuuntaan, mutta kaksikaistaisilla teillä
voidaan määrittää vain molempien suuntien yhteinen
palvelutaso, koska kyseisillä teillä liikenteenvä-
lityskyky määritellään vain molempien suuntien yhti-
sarvona.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että
palvelutasot eivät ole täysin uusi käsite, vaan
ne tarkentavat aikaisempia menetelmiä ja lisäävät
paikallisissa sovellutuksissa tarvittavaa joust-
vuutta. Tällaisen joustavuuden tarve on tullut

yhä selvemmäksi viime vuosina, erityisesti verrat-
taessa uusien teiden tuottamia hyötyjä niiden kus-
tannuksiin. Tiesuunnittelu, taloudelliset kysy-
mykset, rakennustoimenpiteet ja liikenteen ominai-
suudet ovat tulleet liian monimutkaisiksi ja toi-
sistaan niin riippuvaisiksi, että tekijät eivät
pyri määrittelemään yleispäteviä "käytännöllisiä"
palvelutasoja, jotka olisivat sopivia kaikkialla
Yhdysvalloissa ja jopa maailmassa, kuten tämän
kirjan vuoden 1950 laitoksessa tehtiin.

Käsi­kirjassa esitettyjä tarkempia laskentamenetel-
miä käyttäen voivat paikalliset suunnittelijat ja
liikenneinsinöörit kehittää omat kuvaajansa ja tau-
lukkonsa liikenteenvälityskyvyn ja palvelutasojen
välityskyvyn määrittämiseksi. Nämä arvot voivat
perustua erityisesti kyseisen paikkakunnan lii-
kenteeseen ja ottaa huomioon paikkakunnan ympäris-
tö- ja geometriset tekijät. Tällaisten kuvaajien
avulla voitaneen useita kirjassa esitettyjä väli-
vaiheita jättää ottamatta huomioon.

LUKU 5

LIIKENTENVÄLITYSKYKYYN JA PALVELUTASON VÄLITYSKYKYYN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Luvussa 4 on esitetty erityyppisten teiden liikentenvälityskyvyn perusarvot sekä kuvattu palvelutasot ihanneolosuhteissa. Kuitenkin vain harvoin kaikki välityskykyyn vaikuttavat tie- ja liikenneolosuhteet ovat ihanteellisia. Kun siis käytännössä pyritään määrittämään tiejaksojen eri palvelutasojen välityskykyä, joudutaan useimmiten käyttämään tässä luvussa esitettyjä korjauskertoimia.

Palvelutason välityskyvyn määrittämistapaan vaikuttaa ensisijaisesti tutkittavalta tieltä toivottu palvelutaso, kuten luvuissa 9 ja 10 yksityiskohtaisesti esitetään. Eräiden välityskykyyn vaikuttavien tekijöiden korjauskertoimet ovat samankaltaisia sekä kokonaisvälityskykyä että eri palvelutasoja laskettaessa, kun taas muutamien arvot vaihtelevat käytettävästä palvelutasosta riippuen.

Liikentenvälityskykyyn ja palvelutasoon vaikuttavat tekijät käsitellään kahdessa ryhmässä: 1) tiestä riippuvat tekijät ja 2) liikenteestä riippuvat tekijät. Joissakin tapauksissa eri ryhmiin kuuluvat tekijät ovat riippuvaisia toisistaan. Esimerkkinä näistä voidaan mainita, että useimmat ylämäet eivät vaikuttaisi merkittävästi välityskykyyn ellei liikennevirrassa olisi kuorma-autoja. Toisaalta taas kuorma-autot vaikuttavat välityskykyyn paljon enemmän pitkissä jyrkissä ylämäissä kuin tasaisilla tiejaksoilla.

Kaikkia liikentenvälityskykyyn ja palvelutasoon vaikuttavia tekijöitä ei vielä ole täysin kyetty määrittämään. Tämä pitää erityisesti paikkansa palvelutasoja koskevien tekijöiden suhteen, koska palvelutasokäsite on vielä suhteellisen uusi. Eräillä alueilla jatkotutkimukset ovat varsin tärkeitä, ennen kuin kiinteitä numeerisia korjauskertoimia voidaan määrittää tai ennen kuin tarkkoja laskentamenetelmiä eri palvelutasoille voidaan laatia. Tekstissä esitettävät luvut ovat näiden kertoimien parhaita nykyisin käytettävissä olevia likiarvoja.

Huomattakoon, että vaikka näillä kertoimilla pyritään osoittamaan tiettyjen muuttujien vaikutus teiden liikentenvälityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyyn, ne epäsuorasti kuvastavat myös

turvallisuusastetta. Lähes jokaisessa tapauksessa välitettyä liikennemäärää rajoittavat seikat myös lisäävät onnettomuuksien mahdollisuutta. Toisaalta tekijät, jotka eivät vaikuta liikentenvälityskykyyn, voivat kuitenkin vähentää turvallisuutta.

TIESTÄ RIIPPUVAT TEKIJÄT

Rakenteellisten ominaisuuksien vajavaisuudet vaikuttavat negatiivisesti tien liikentenvälityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyyn. Tällaisia tiestä johtuvia tekijöitä, joita käsitellään tässä luvussa, ovat ajokaistojen leveys, sivustesteiden läheisyys, pientareet, lisäkaistat, päällysteen ominaisuudet, tien geometriset ominaisuudet ja pituuskaltevuudet.

Ajokaistan leveys

Kirjan tekijöiden ihannearvoksi suosittelemme 3.6 metriä (12 ft.) kapeammilla ajokaistoilla on katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa ihannearvoja alhaisempi liikentenvälityskyky. Kaksikaistaisella tiellä ohittava ajoneuvo tavallisesti käyttää vastakkaiseen suuntaan liikennöitävää ajokaistaa kapeakaistaisella tiellä pitempään kuin leveäkaistaisella tiellä. Monikaistaisen tien ajokaistojen ollessa kapeita useammat ajoneuvot ylittävät ajokaistojen rajat kuin leveäkaistaisilla teillä, jolloin ne itseasiassa käyttävät kahta ajokaistaa yhden sijasta.

Taulukossa 5.1 on esitetty 2.7 - 3.6 metriä (9-12 ft.) leveiden ajokaistojen välityskyky prosentteina 3.6 metriä (12 ft.) leveän ajokaistan välityskyvystä. Näitä prosenttikertoimia voidaan käyttää ainoastaan katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Ajokaistojen leveyden vaikutuksia liikentenvälityskykyyn liittymissä ja muualla pysähdyksiä aiheuttavissa olosuhteissa käsitellään luvussa 6.

Taulukko 5.1 on esitetty vain informaatiomielessä. Tien välityskykyä tai palvelutasojen välityskykyä määritettäessä ei taulukon arvoja tar-

vitse käyttää kuten käsikirjassa esitetyt laskentamenetelmät osoittavat, koska ajokaistan leveyden ja sivuesteiden yhteisvaikutus on käsitelty yhden korjauskertoimen avulla.

Vaikka taulukko osoittaa kapeiden ajokaistojen vaikutuksen vain liikenteenvälityskyvyn suhteen, alentavat tällaiset kapeat ajokaistat myös ajomukavuutta ja lisäävät vaaratilanteita.

Sivuesteet

Nykyisin ollaan sitä mieltä, että kaltevat tai pystysuorat alle 15 cm (6 in.) korkeat reunakivet vaikuttavat merkityksettömän vähän liikenteen ominaisuuksiin. Muut sivuesteet (kuten esim. tukimuurit, maatuet, liikennemerkkipylväät, valaisinpylväät ja pysäköidyt autot), jotka sijaitsevat 1.8 metriä lähempänä ajokaistan reunaa, vähentävät kaistan tehollista leveyttä. Taulukossa 5.2 on esimerkinomaisesti esitetty, kuinka molemmilla puolilla olevat sivuesteet vähentävät 7.2 metriä (24 ft.) leveän kaksisuuntaisen ajoradan tehollista leveyttä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Todetaan esimerkiksi, että 7.2 metriä (24 ft.) leveällä ajoradalla, jonka reunoissa on sillan portaalipilarit, on sama tehollinen leveys kuin 5.1 metriä (17 ft.) leveällä ajoradalla, jonka kummallakaan puolella ei ole sivuesteitä 1.8 metriä (6 ft.) lähempänä.

Arvioitaessa sivuesteiden vaikutusta palvelutason on käytettävä harkintaa, jos tutkittavalla tieosuudella näitä esteitä ei esiinny koko matkalla. Jopa yksi sivuestein kohta saattaa aiheuttaa kapeneman ja vaikuttaa täten suoranaisesti koko tiejakson välityskykyyn, mutta alhaisilla liikennemäärillä (korkeammilla palvelutasoilla) sen vaikutus liikenteen sujuvuuteen ei ole kovin huomattava.

Jatkuvat sivuesteet (esim. keskikaistan kaiteet, kohoteiden kaiteet tai korkeat estemäiset reunakivet) saattavat vaikuttaa vähemmän ajoradan teholliseen leveyteen kuin toistuvat lyhyet esteet, koska ajajat tottuvat pitempiin estejaksoihin. Esimerkiksi eräässä moottoritietä koskevassa tutkimuksessa todettiin, että 1.2 metriä (4 ft.) leveälle ja 15 cm (6 in.) korkein reunakivin varustetulle keskikaistalle rakennettu kaide ei vaikuttanut merkittävästi ajoneuvojen sijaintiin ajoradalla (1).

"Nyrkkisääntönä" voidaan todeta, että korkeilla reunakivillä tarkoitetaan niin korkeita reunoja, että ne ajoneuvon niihin osuessa vahingoittavat ajoneuvon runkoa tai puskureita (15 cm:ä korkeampien, mutta edellistä määritelmää matalampien reunakivien vaikutusta ei ole selvitetty). Tutkittaessa korkeiden reunakivien vaikutusta ajoneuvojen sijaintiin (2) on todettu, että ajajat väistävät niitä, mutta että keskimää-

Taulukko 5.1 AJOKAISTAN LEVEYDEN VAIKUTUS LIIKENTEENVÄLITYSKYKYYN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRAN OLOSUHTEISSA

AJO- KAISTAN LEVEYS m(ft)	LIIKENTEENVÄLITYSKYKY (% 3.6 m LEVEÄN KAISTAN VÄLITYSKYVYSTÄ)	
	KAKSIKAISTAISET TIET	MONIKAISTAISET TIET
3.6 (12)	100	100
3.3 (11)	88	97
3.0 (10)	81	91
2.7 (9)	76	81

Taulukko 5.2 AJORADAN TEHOLLINEN LEVEYS SIVUESTEEN ETÄISYYDESTÄ RIIPPUEN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRAN OLOSUHTEISSA

MOLEMMINPUOLISEN SIVUESTEEN ETÄISYYS AJOPÄÄLLYSTEEN REUNASTA m(ft)	KAHDEN 3.6 m LEVEÄN AJOKAISTAN TEHOLLINEN LEVEYS m(ft)	KAHDEN 3.6 m LEVEÄN AJOKAISTAN LIIKENTEEN- VÄLITYSKYKY (% IHANNEOLO- SUHTEISTA)
1.8 (6)	7.2 (24)	100
1.2 (4)	6.6 (22)	92
0.6 (2)	6.0 (20)	83
0.0 (0)	5.1 (17)	72

räinen reunakiveen pidetty etäisyys on todennäköisesti jonkin verran suurempi reunakiven alussa kuin myöhemmin reunakiven jatkuttua jonkin matkaa. Väistämisen suuruutta ei tarkalleen tunneta, mutta tiedetään, että ajoneuvojen sijainti ajoradalla riippuu reunakiven korkeudesta ja jyrkkyydestä sekä muiden sivuesteiden sijainnista reunakiven ulkopuolella. Nykyisten tulosten valossa näyttää siltä, että korkea reunakivi alussa vaikuttaa siten kuin sivuesteiden perusteella laskettu korjauskerroin osoittaa, mutta reunakiven jatkuessa sen vaikutus vähitellen alenee ajajien tottuessa siihen.

On muistettava, että liikenteenvälityskyvyn kannalta "ihanteellinen" sivuesteiden etäisyys (yli 1.8 metriä (6 ft.)) ei välttämättä ole turvallisuuden kannalta riittävä. Tämän vuoksi korkea-luokkaisia teitä suunniteltaessa sivuesteiden etäisyys määritellään nykyisin yleensä turvallisuuskäytännön perusteella.

Samoin kuin taulukko 5.1 on myös taulukko 5.2 esitetty vain informaatiomielessä. Sen osoittamia arvoja ei käytetä laskelmissa, koska seuraavassa kappaleessa esitettävä korjauskerroin sisältää molemmat tekijät.

Ajokaistan leveyden ja sivuesteiden yhteisvaikutus

Käytännössä vain harvoin tarvitaan tietoja ajokaistan leveyden ja sivuesteiden erillisistä vaikutuksista, koska ne ovat suurelta osin toisistaan riippuvaisia. Tämän vuoksi on niiden yhdistetty vaikutus laskelmien helpottamiseksi määriteltä yhteisillä korjauskertoimilla, joiden arvot on esitetty taulukoissa 9.2, 10.2 ja 10.8. Taulukoissa esitetyt korjauskertoimet koskevat 2.7-3.6 metriä (9-12 ft.) leveitä ajokaistoja sekä 0-1.8 metrin (0-6 ft.) sivueste-etäisyyksiä. Käytännön ongelmien mukaan korjauskertoimet on esitetty erikseen vain toisella puolella olevia sivuesteitä varten sekä tien molemmilla puolilla yhtä etäällä ajoradan reunasta sijaitsevia sivuesteitä varten.

Tapauksissa, joissa sivuesteet sijaitsevat tien molemmilla puolilla, mutta eri etäisyyksillä, voidaan korjauskertoimien arvo saada interpoloimalla. Jos sivuesteiden etäisyys on esim. 1.2 m (4 ft.) tien toisella ja 0.6 m (2 ft.) tien toisella puolella nelikaistaisella maantiellä, jonka ajokaistojen leveys on 3.0 m (10 ft.), käytetään 1.2 metrin ja 0.6 metrin etäisyydellä molemmilla puolilla olevia sivuesteitä koskevien lukuarvojen keskiarvoa.

Pientareet

Riittävät pientareet ovat ensiarvoisen tärkeitä pyrittäessä jatkuvasti ylläpitämään ajokaistojen täyttää liikenteenvälityskykyä. Ellei ajokaistan ulkopuolella ole tilaa, yksikin vaurioitunut ajoneuvo voi alentaa tien välityskykyä enemmän kuin yhden kaistan osuuden, varsinkin jos ajokaistat ovat alle 3.6 metriä (12 ft.) leveitä. Vaurioitunut ajoneuvo tukkii oman ajokaistansa, minkä lisäksi se vähentää viereisten ajokaistojen välityskykyä, koska jäljessä tulevien ajoneuvojen on siirryttävä muille ajokaistoille kyseisen tien välityskyvyn edellyttämää nopeutta alhaisemmalla nopeudella.

Oletetaan esimerkiksi, että tietyn monikaistaisen tien ajokaistan välityskyky voidaan saavuttaa 48 km/h:n (30 mph) nopeudella. Jos tämän ajokaistan vieressä on tukkeutunut kaista, nopeus saattaa alentua 32 km/h:iin (20 mph) ja vain 85 % sen välityskyvystä voidaan saavuttaa. Jos nopeus on 16 km/h (10 mph), ajokaista voi välittää vain noin puolet 48 km/h:ä vastaavasta liikennemäärästä. Täten ajonopeutta alentavat vähäiset onnettomuudet voivat aiheuttaa tien täydellisen tukkeutumisen, jos tiellä oleva liikennemäärä on lähes välityskyvyn suuruinen. Tämä nopeuden alenemisesta johtuva liikenteenvälityskyvyn väheneminen selittää myös sen, miksi sellaisetkin onnettomuudet, jotka eivät tuki ajokaistoja, usein aiheuttavat ruuhkautumia, koska uteliaat ajajat hidastavat ajoaan.

Vaurioituneita ajoneuvoja varten käytettävissä olevan tilan lisäksi riittävät pientareet pitävät yllä liikenteenvälityskykyä myös siten, että ne joissakin tapauksissa lisäävät ajokaistojen tehollista leveyttä. Jos ajokaistat ovat alle 3.6 m (12 ft.) leveitä, vähintään 1.2 metrin leveydeltä päällystetyt tai bitumilla käsitellyt pientareet lisäävät viereisten ajokaistojen tehollista leveyttä 30 cm.

Lisäkaistat

Lisäkaistat ovat pääliikennekaistoihin liittyviä ajoradan osia, joita käytetään pysäköintiin, nopeuden muutoksiin, sekoittumiseen, kääntymiseen, kääntyviä ajoneuvojonoja varten, hitaasti liikkuvien ajoneuvojen erottamiseksi liikennevirrasta jyrkissä ylämäissä tai muihin pääliikennöintitavasta poikkeaviin tarkoituksiin. Lisäkaistat rakennetaan tavallisesti siksi, että välityskyky tulisi tehokkaasti käytetyksi sekä parantamaan pääliikennekaistojen palvelutasoa. Tällä tavoin lisäkaistat yleensä estävät kapenemien muodostumisen.

Pysäköintikaistat

Pysäköidyt ajoneuvot luonnollisesti vähentävät ajoradan välityskykyä sen leveydestä riippumatta. Muutamakin laillisesti tai laittomasti pysäköidyt ajoneuvot aiheuttavat tämän. Täten on liikenteenvälityskykyä tutkittaessa otettava huomioon kadun todelliset pysäköintiolosuhteet eikä pysäköintiä koskevat säännökset.

Jos tienvarsipysäköinti täytyy sallia, pysäköintikaistojen käyttäminen vähentää huomattavasti pysäköinnin tien välityskyvylle aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia. Pysäköintikaistoja voidaan käyttää myös kuten pientareita vaurioituneiden ajoneuvojen pysäköintiin, jos vauriokohdassa pysäköintikaistalla on tilaa.

On kuitenkin virheellistä olettaa, että rakenteellisesti riittävän leveä pysäköintikaista korvaisi kokonaan pysäköinnistä johtuvan välityskyvyn alenemisen. Tämä johtuu siitä, että muiden sivuesteiden tavoin pysäköityjen ajoneuvojen vaikutus ulottuu niiden ulkopuolelle. Esimerkiksi 2.4 m (8 ft.) leveällä pysäköintikaistalla olevat autot muodostavat katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa suunnilleen 0.3 metrin (1 ft.) päässä ajokaistan reunasta olevan sivuesteen, jonka vaikutus aikaisemmin on käsitelty. Näin on laita, vaikka ajoneuvojen oletettaisiin olevan pysäköityjä hyvin lähelle reunakiviä tai pysäköintikaistan reunaa.

Maaseudun maanteille ei yleensä rakenneta pysäköintikaistoja. Jos erityisistä syistä pysäköintikaista on kuitenkin tiehen lisätty, voidaan pysäköityjen ajoneuvojen vaikutus helpoimmin laskea käsittelemällä ne sivuesteinä. Liikennevaloin

varustetuilla kaduilla, joilla sivuasteista johdettavia korjauskerttoimia ei sellaisenaan käytetä, voidaan pysäköityjen ajoneuvojen rivin olettaa vähentävän tehollista leveyttä keskimäärin noin 3.6 - 4.2 metrillä (12 - 14 ft.), joskin eri tapauksissa arvot saattavat vaihdella huomattavasti. Pysäköinnin vuoksi ei kuitenkaan tarvitse tehdä erityistä korjausta, koska luvussa 6 esitettyihin liittymien välityskyvyn määrittämismenetelmiin pysäköintiolosuhteet sisältyvät perustekijänä. Esitettyjen menetelmien oikea käyttö ottaa pysäköinnin automaattisesti huomioon.

Nopeudenmuutoskaistat

Hidastuskaistoilla tieltä poistuva liikenne voi hidastaa nopeuttaan siten, että poistuttuaan pääliikennesuuntaan varatuilta ajokaistoilta se mukavasti ja turvallisesti sopeutuu poistumisessa käytettävään nopeuteen tai tarpeen vaatiessa jopa täysin pysähtyy ennen toiselle tielle liittymistä. Täten hidastuskaistat normaalissa käytössä saavat aikaan sen, että pääliikennekaistoilla ei nopeutta tarvitse hidastaa. Nopeuden hidastaminen ilman erityisiä kaistoja aiheuttaisi ruuhkautumia raskaasti liikennöityjen teiden liittymissä.

Kiihdytyskaistoilla pääliikennesuuntaan varatuille ajokaistoille pyrkivä ajoneuvo voi lisätä nopeuttaan siten, että se liittyy juohevasti kyseisten kaistojen liikenteeseen ajoneuvojen väliin jäävään aukkoon. Pehmeästi tapahtunut liittyminen lisää merkittävästi sekä pääliikennesuunnan että liittyvän liikenteen palvelun tasoa liittymäkohdissa.

Pääliikennevirrasta erkanevan tai siihen liittyvän liikenteen vaikutukset ovat liian monimutkaisia yksinkertaisilla korjauskerttoimilla esitettäviksi. Liittymäkohdissa välityskyky on tutkittava kokonaan erikseen. Ramppien liikenteenvälityskykyä on käsitelty yksityiskohtaisesti luvussa 8.

Ryhmittymiskaistat

Pääliikennesuunnan käyttämien ajokaistojen lisäksi rakennetut erilliset ryhmittymiskaistat saattavat parantaa liittymien toimintaa merkittävästi, koska ne lisäävät ajoradan leveyttä, sallivat liikennevalojen joustavan vaiheistuksen ja poistavat kääntymistä odottavien ajoneuvojen suoraan ajavalle liikenteelle aiheuttamat esteet. Erillisiä ryhmittymiskaistoja voidaan käyttää joko säännöstelemättömissä liittymissä, etuajo-oikeuksien tai pakollisten pysähtymisten yhteydessä tai liikennevaloin varustetuissa liittymissä kunkin erikoistapauksen mukaan.

Ryhmittymiskaistat ovat usein hidastuskaistojen suoranaisia jatkeita. Jos ajoneuvot joutuvat odottamaan kääntymistä, tulee niiden muodostaman

jonon pituus lisätä hidastamiseen tarvittavaan matkaan, jos halutaan rakentaa riittävän pitkät kaistat.

Luvussa 6 on käsitelty erillisten ryhmittymiskaistojen vaikutuksia.

Sekoittumisalueiden lisäkaistat

Kun kaksi tai useampia liikennevirtoja yhtyy ja erkanevat verraten lyhyellä matkalla ja liikennevirtojen välillä tapahtuu merkittävää sekoittumista, saattaa tällaisesta kohdasta muodostua liikenteenvälityskyvyn kannalta kapenema, jossa koko tiejaksolla tarvitaan lisäkaistoja. Edellinen pitää paikkansa riippumatta siitä, yhtyvätkö sekoittumisalueella verraten samankaltaiset liikennevirrat vai onko kyseessä liittymien yhteydessä liittyvää ramppia välittömästi seuraava erkaneva ramppi.

Kummassakin tapauksessa on välityskyky tutkittava erikseen eikä yksinkertaisia korjauskerttoimia voida määrittää. Tällaisten tapausten laskentamenetelmiä on esitetty luvuissa 7 ja 8.

Kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet

Vaikka kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet ovat tyypiltään selvästi lisäkaistoja, on niiden käyttö niin läheisesti pituuskaltevuudesta riippuvainen, että ne käsitellään tämän luvun pituuskaltevuuksia koskevassa osassa.

Päällysteen laatu

Rikkoutunut ja huonosti kunnossapidetty päällyste vaikuttaa negatiivisesti palvelutasoon erityisesti nopeutta, ajomukavuutta, taloudellisuutta ja turvallisuutta alentamalla. Jos tien välityskyvyn ylläpitäminen on tärkeätä, on kuitenkin harvinaista, että päällysteen kunnossapito olisi niin puutteellista, ettei välityskyvyn saavuttamisen edellyttämää 48 km/h:n (30 mph) nopeutta voitaisi käyttää.

Nykyisin ei vielä ole riittävästi tietoja käytettävissä, jotta päällysteen laadusta johtuvat korjauskerttoimet voitaisiin esittää eri palvelutasoilla. Voitaneen olettaa, että päällysteen laadun ollessa hyvin huono käyttönopeudet alenevat jonkin verran hyvään päällysteeseen verrattuna liikennemäärästä riippumatta. Jos tiellä voidaan tehdä havaintoja hyvin alhaisilla liikennemäärillä saavutettavista nopeuksista, voidaan laatia arvio ajonopeuden ja liikennemäärän välisestä riippuvuudesta.

Tien geometria

Tien vaaka- ja pystytason geometriset ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi sen liikenteenväli-

tyskykyyn. Vaikka ohjenopeutta yleisesti käytetään kuvaamaan tien geometriaa, se ei kuvaa tietä riittävän tarkasti palvelutasoihin pyrittäessä, koska ohjenopeutta määritettäessä otetaan huomioon vain eräät erityispiirteet kuten erillisten kaarteiden kaarresäteet. Täten ohjenopeus ei vaihtelee tällaisten kaarteiden esiintymistiheyden tai niiden välillä olevien suorien osuuksien pituuden mukaan, vaikka nämä molemmat vaikuttavat huomattavasti käyttönopeuteen. Useimmiten käytetään koko tiejakson ohjenopeutena geometrialtaan heikoimman tieosuuden ohjenopeutta.

Palvelutason määrittämisessä käytettävien verran pitkien tiejaksojen yhteydessä on tien geometrisia ominaisuuksia tässä käsikirjassa kuvattu "keskimääräisellä tienopeudella" sekä pysähtymis- ja ohitusnäkemien määrällä.

"Keskimääräinen tienopeus", joka termi alunperin otettiin käyttöön tiestön parantamistarvetta tutkittaessa (3), määritellään tiejakson eri osien ohjenopeuksien painotetuksi keskiarvoksi, jolloin kullakin tieosalla oletetaan olevan oma ohjenopeutensa. Nopeuden arvo määritetään painottamalla erillisten tieosien ohjenopeuksia kunkin tieosan pituudella ottamalla huomioon näiden osuuksien väliset muuttumisjaksot. Täten keskimääräinen tienopeus osoittaa ohjenopeutta paremmin geometriasta koko tiejakson toiminnalle aiheutuvat vaikutukset.

Yksityiskohtaisissa tutkimuksissa keskimääräisen tienopeuden määrittäminen edellyttää seuraavia tietoja tien kaarteista ja niiden turvallisuudelle liikennöimiselle aiheuttamista nopeuden muutoksista:

1. Kaikkien vaakatasoisten kaarteiden säteet ja kriittiset pystytason pyöristyssäteet sekä kaarteiden pituudet.
2. Kaikkien kaarteiden ja pyöristysten ohjenopeudet (saadaan AASHO:n suunnitteluohjeista).
3. Kutakin kaarretta edeltävän ja sitä seuraavan tiejakson pituus, jolla kaarre vaikuttaa nopeuteen sekä näiden hidastus- ja kiihdytysjaksojen keskimääräiset nopeudet (AASHO:n suunnitteluohjeissa esitettyjä mukavan hidastuksen ja kiihdytyksen arvoja voidaan käyttää pituuksien määrittämisessä).

Edellisten tietojen perusteella voidaan laatia suhteellisen tarkka nopeusdiagrammi koko tiestä sekä painottaa nopeudet keskimääräisen tienopeuden laskemista varten. Eräillä seuduilla on kuitenkin likiarvolaskelmissa 240 metrin (800 ft.) pituinen "vaikutusalue" kunkin kaarteiden yhteydessä todettu riittävän tarkaksi yksinkertaisuudeksi. Tätä arvoa käytettäessä jätetään kaarteiden pituudet sekä kiihdytys- ja hidastusmatkat huomiotta. Painotettua nopeutta laskettaes-

sa oletetaan kunkin kaarteiden olevan 240 m pitkä tiejakso, jolla käytettävä nopeus vastaa kyseisen kaarteiden ohjenopeutta. Vaikka 240 m ei ehkä ole sopiva arvo kaikkialla, voidaan vastaavalla tavalla määritettyä yksinkertaista arvoa soveltaa usein.

Korkeinta ohjenopeutta, tavallisimmin 112 km/h (70 mph), käytetään tien suorilla osuuksilla sekä niin loivissa kaarteissa, että niiden ohjenopeus voi olla näin korkea.

Tien geometriaa arvosteltaessa käytetään myös pysähtymisnäkemää ja ohitusnäkemää. Pysähtymisnäkemä on tiellä olevan esteen havaitsemisen jälkeen tietyllä nopeudella liikkuvan ajoneuvon pysäyttämiseen tarvittava matka. Ohitusnäkemä on lyhin matka, jonka ajoneuvo tarvitsee toisen ohittamiseen turvallisesti ja mukavasti niin, ettei se vaikuta vastakkaissuuntaan ajavan ajoneuvon nopeuteen, jos tämä tulee näkyviin vasta ohituksen alettua. Tässä käsikirjassa on lyhimmän ohitusnäkemän arvoksi määritetty 460 m (1500 ft.). Turvallinen liikenne kaikilla teillä edellyttää, että pysähtymisnäkemä säilyy jatkuvasti. Ohitusnäkemä on otettava huomioon ainoastaan kaksisuuntaisia kaksi- tai kolmekaistaisia teitä suunniteltaessa. Vaikka ohitusnäkemää ei tavallisesti voida ylläpitää jatkuvana, niin mitä lähemmäs jatkuvuutta päästään sitä korkeampi tien välityskyky ja palvelutaso on.

Tien geometrian vaikutukset kokonaisvälityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyihin esitetään tässä kirjassa edellisen perusteella keskimääräisen tienopeuden ja 460 metrin ohitusnäkemien koko tiestä lasketun prosenttiosuuden (kaksi- tai kolmekaistaisilla teillä) funktiona.

Nämä vaikutukset sisältyvät luvuissa 9 ja 10 esitettyjen perustaulukoiden käyttösuhteisiin (liikennemäärä / välityskyky), joten niitä ei tarvitse erikseen ottaa huomioon. Vaikutukset on esitetty myös erillisinä käyrinä ko. lukujen kuvis- sa. Kaksikaistaisilla teillä alentuneen tienopeuden ko. luvussa esitetyt vaikutukset perustuvat varsin yksityiskohtaisiin tutkimuksiin. Monikaistaisilta teiltä tietoja ei ollut käytettävissä yhtä paljon ja joitakin likimääräistyksiä oli tehtävä.

Edellisten tekijöiden vaikutukset koskevat enemmän palvelutasoja kuin liikenteenvälityskykyä. Ne vaikuttavat kuitenkin jonkin verran myös välityskykyyn. Taulukko 5.3 on tarkoitettu ainoastaan informaatioksi ja sillä pyritään osoittamaan, että liikenteenvälityskyky riippuu ainakin jonkin verran keskimääräisestä tienopeudesta, vaikkakin välityskyvyn edellyttämä käyttönopeus on verraten kiinteästi noin 48 km/h (30 mph). On luultavaa, että tämä välityskykyyn kohdistu-

Taulukko 5.3 TIEN GEOMETRIAN KESKIMÄÄRÄISEN TIE-
NOPEUDEN PERUSTEELLA MÄÄRITETTY
VAIKUTUS LIIKENTEENVÄLITYSKYKYYN

KESKI- MÄÄRÄINEN TIE NOPEUS km/h (mph)	LIIKENTEENVÄLITYSKYKY (% IHANNEOLOSUHTEISTA)	
	MONIKAISTAISET TIET	KAKSIKAISTAISET TIET
112 (70)	100	100
96 (60)	100	98
80 (50)	96	96
64 (40)	-	95
48 (30)	-	94

va vaikutus johtuu pääasiallisesti sivuasteista, pituuskaltevuuksista ja muista huonoihin geometrisiin ominaisuuksiin tavallisesti liittyvistä rajoituksista, eikä niinkään geometriasta sellaiseen. Tämän johdosta ei erityistä liikenteenvälityskyvyn korjauskerrointa ole laskennallisissa menetelmissä esitetty.

Pituuskaltevuudet

Pituuskaltevuuksien vaikutukset

Pituuskaltevuudet vaikuttavat tien välityskykyyn seuraavilla tavoilla:

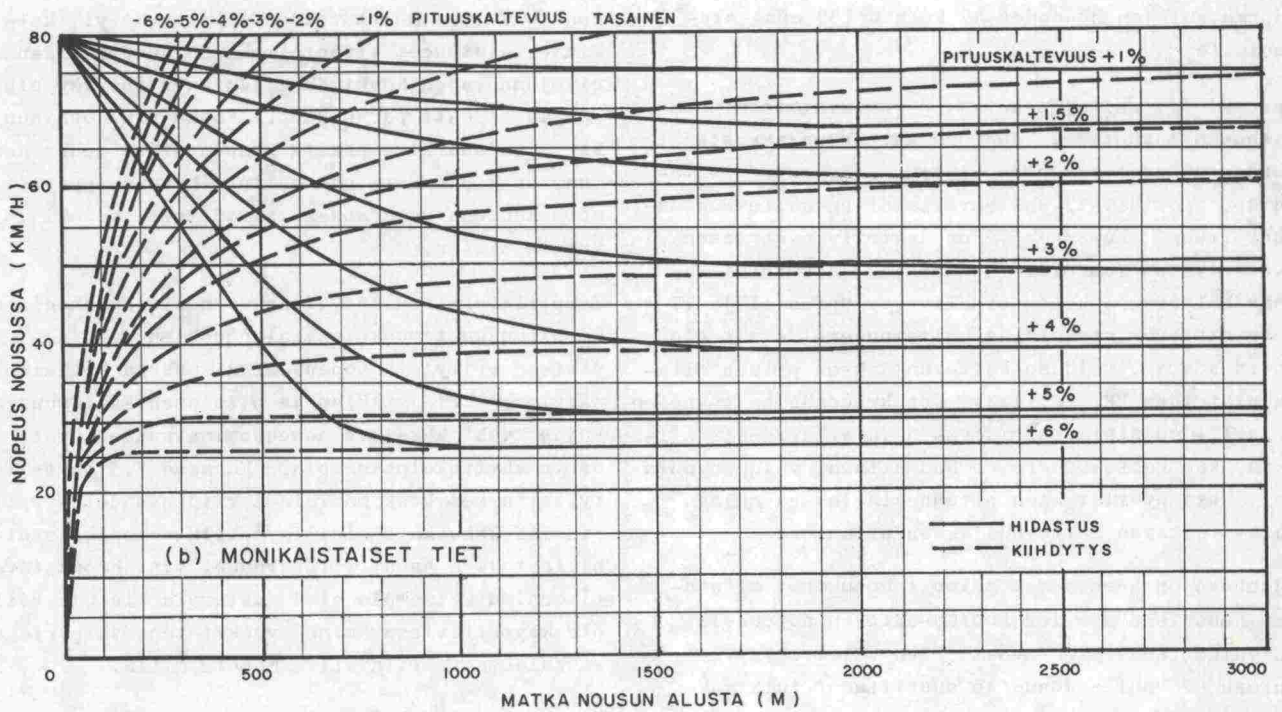
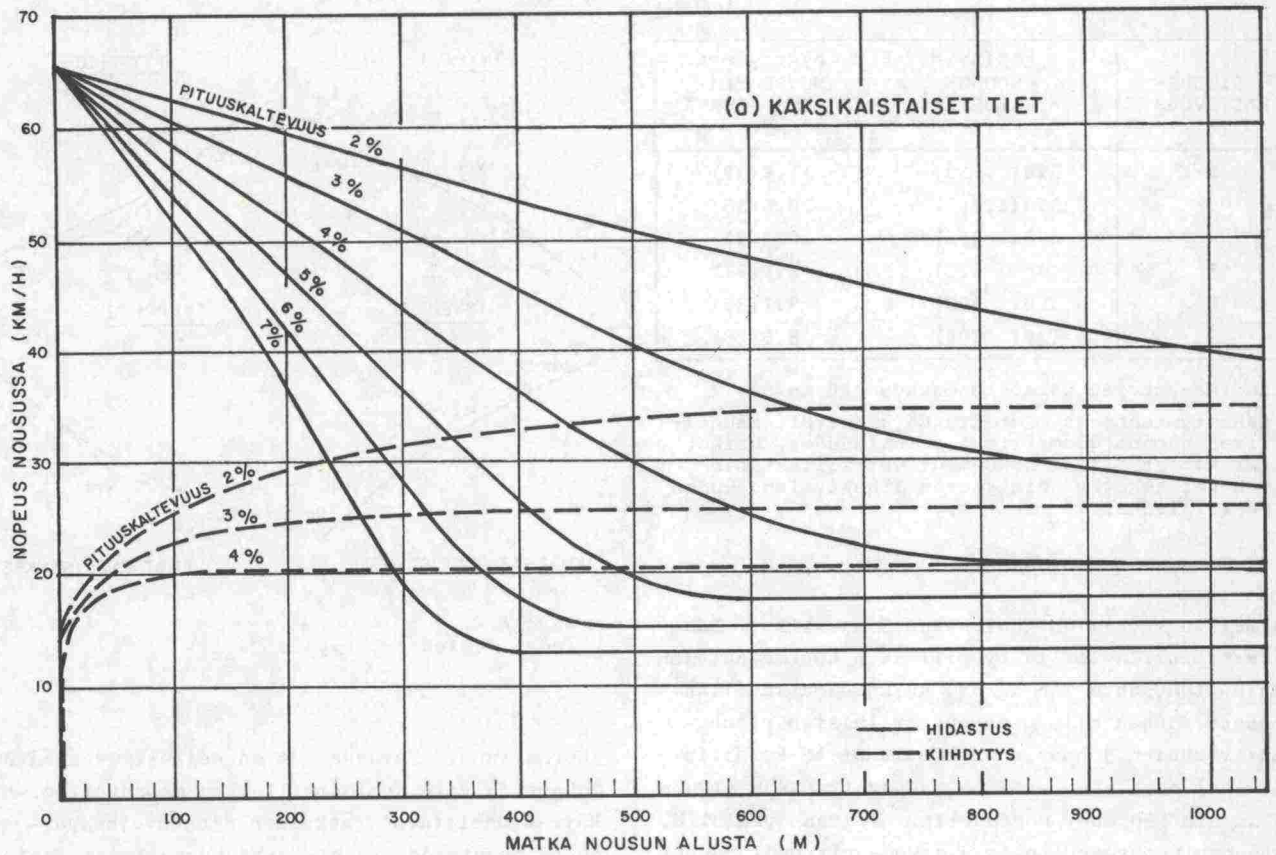
1. Pituuskaltevuus alentaa yleensä, joskaan ei aina, tiellä esiintyviä näkemiä ja vaikuttaa täten kaksikaistaisilla tieosuuksilla ohitusnäkemien prosenttiosuuteen tien pituudesta. Tätä vaikutusta käsiteltiin aikaisemmassa tien geometriaa koskevassa tekstissä.
2. Ajoneuvojen jarrutusmatka lyhenee nousuissa ja pitenee laskuissa tasaisiin osuuksiin verrattuna, joten nousussa ajavien ajoneuvojen on mahdollista pitää lyhyemmät etäisyydet toisiinsa ja vastaavasti laskuissa etäisyyksien tulee olla pitempiä, jotta aikaväli pysyisi turvallisena.
3. Normaalisti kuormitetut kuorma-autot ajavat hitaammin nousuissa kuin tasaisella. Erityisen merkittäväksi tämä tulee pitkissä ja jyrkissä nousuissa. Jossakin määrin em. seikka pitää paikkansa myös henkilöautojen suhteen. Useimmat henkilöautot voivat kuitenkin ajaa pitkiäkin 6-7 prosentin nousuja nopeammin kuin kyseisen tien välityskyky edellyttää. Tämän vuoksi voidaan alle 7 prosentin nousujen vaikutusta henkilöautoihin pitää yleensä merkityksettömänä. Täten seuraavassa tekstissä käsitellään pitkien ja jyrkkien nousujen vaikutusta kuorma-autojen nopeuksiin ja tätä kautta niiden vaikutusta tien välityskykyyn.

Kuvassa 5.1 on esitetty kuorma-auton nopeus nousun eri kohdissa kahdelle painon ja tehon suhdeluokalle kuorma-auton nopeudesta ja nousun alussa pituuskaltevuusprosentista riippuen. Kuva 5.1 a kuvaa ajoneuvoja, joiden paino/tehosuhde on 148 kg/hv (325 lbs/hv), jonka voidaan katsoa vastaavan tyypillisiä kaksikaistaisilla teillä esiintyviä olosuhteita (3). Kuvassa 5.1 b on esitetty vastaavat tiedot ajoneuvoille, joiden paino/tehosuhde on 90 kg/hv (200 lbs/hv). Tämä vastaa uudenaikaisilla monikaistaisilla teillä liikennöiviä voimakastehoisia pitkän matkan liikenteen kuorma-autoja (4).

Kuvaajista voidaan määrittää, kuinka pitkälle kyseisen tyyppin ajoneuvo saapuessaan nousuun 64 km/h:n (40 mph) tai 80 km/h:n (50 mph) nopeudella voi kiivetä eri jyrkkiä nousuja tai erilaisten pituuskaltevuuksien yhdistelmiä ennen kuin sen nopeus muuttuu tasaiseksi. Jatkuvalle viivalla piirretyt käyrät osoittavat tilanteen, jossa lähestymisnopeus on mahdollista tasaista eli ryömintänopeutta korkeampi. Ne perustuvat oletukseen, että kuorma-auto saapuu ylämäen alkuun noin 80 km/h:n (50 mph) nopeudella monikaistaisilla teillä ja noin 64 km/h (40 mph) nopeudella kaksikaistaisilla teillä. Kuvaajat osoittavat myös eri pituisten nousujen aiheuttaman nopeuden alenemisen muilla saapumisnopeuksilla. Esimerkiksi tyypillisillä kaksikaistaisilla teillä pituuskaltevuuden ollessa 4 % ja lähestymisnopeuden 56 km/h (35 mph) käyrän tarkastelu aloitetaan 120 metrin (400 ft.) päästä alkupisteestä, ja ajoneuvon nopeus on 34 km/h (21 mph) sen kiivettyä ylämäkeä 300 metriä (1000 ft.). Arvo saadaan käyrän asteikon kohdasta 420 m (1400 ft.).

Katkoviivat osoittavat tilanteen silloin, kun kiipeäminen alkaa keskeltä ylämäkeä tai kun ajoneuvo tulee ylämäkeen ryömintänopeutta hitaammin siten, että se vähitellen kiihdyttää nopeutensa tasaiseksi ryömintänopeudeksi. Käyrät osoittavat, että ajoneuvon kiihdyttäminen ylämäissä vaatii pitkän matkan, jos lähestymisnopeus on lopullista nopeutta alhaisempi. Jos esimerkiksi tavallinen kuorma-auto kaksikaistaisella tiellä, jolla on 3 prosentin pituuskaltevuus, kiihdyttää nopeutensa 24 km/h:stä tasaiseksi 25.5 km/h:n nopeudeksi, jolloin nopeuden lisäys on vain 1.5 km/h, tarvitsee se tähän noin 270 metrin matkan.

Kuorma-autojen nopeuden aleneminen vaikuttaa käytännöllisesti katsoen aina jossakin määrin palvelutasoon. Kuorma-autot vaikuttavat aina myös liikenteenvälityskykyyn, koska ne käyttävät suuremman osan ajoradasta kuin henkilöautot. Pituuskaltevuudesta johtuvat lisävaikutukset välityskyvyn arvoon eivät kuitenkaan ilmene ennen kuin kuorma-autojen nopeus alenee 48 km/h:n (30 mph) alapuolelle. Tämä johtuu siitä, että liikenteenvälityskykyä vastaava liikennemäärä saavutetaan yleensä suunnilleen tällä nopeudella.



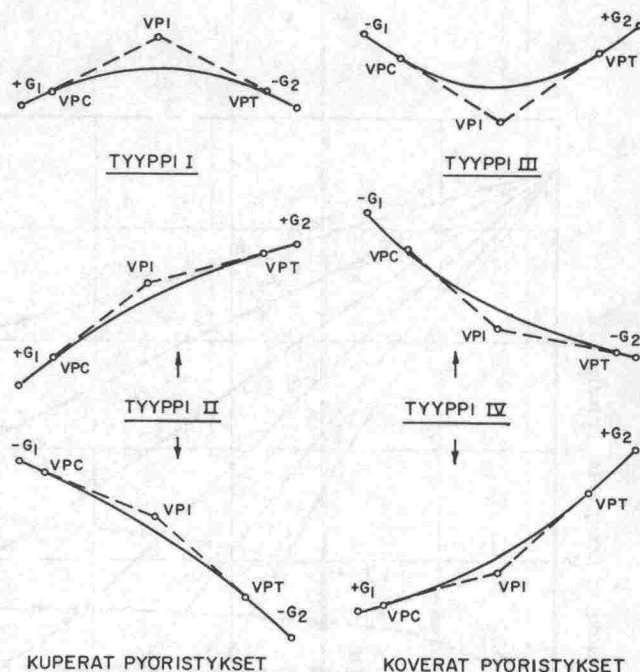
Kuva 5.1.
Nousun pituuden ja jyrkkyyden vaikutus kuorma-autojen nopeuksiin a) kaksikaistaisilla ja b) monikaistaisilla teillä. (3, 4)

Taulukko 5.4 ETÄISYYS NOUSUN ALUSTA PISTEESEEN, JOSSA KUORMA-AUTOJEN^a NOPEUS ON ALENTUNUT 48 km/h:iin^b

PITUUS-KALTEVUUS (%)	ETÄISYYS NOUSUN ALUSTA m(ft)	PYSTYSUORA NOUSU YLÄMÄEN ALUSTA m(ft)
2	590(1,950)	11.9(39)
3	350(1,150)	10.6(35)
4	250(825)	10.0(33)
5	190(625)	9.4(31)
6	150(500)	9.1(30)
7	120(400)	8.5(28)

^a Kuorma-autojen paino-tehosuhde 148 kg/hv.

^b Lähestymisnopeus oletettu 64 km/h:ksi. Mahdolliset huonot geometriset ominaisuudet, heikot tai kapeat sillat sekä muut vaaralliset olosuhteet tekevät näin suuren lähestymisnopeuden vaaralliseksi.



Kuva 5.2.
Pyöristysten eri tyypit. (12)

Esimerkin vuoksi on taulukossa 5.4 esitetty kaksikaistaisilla teillä tyypillisten kuorma-autojen (paino/tehosuhde 148 kg/hv) kulkema matka tilanteeseen, jossa niiden nopeus erilaisten pituuskaltevuuksien johdosta on alentunut 48 km/h:iin (30 mph) olettaen, että ne saapuvat nousun alkuaan 65 km/h:n (40 mph) nopeudella. Voidaan päätellä, että taulukossa esitettyjä arvoja pitemmät nousut pienentävät tien välityskykyä, koska ne alentavat liikennevirrassa huomattavan usein mukana olevien kuorma-autojen nopeudet 48 km/h:n (30 mph) alapuolelle.

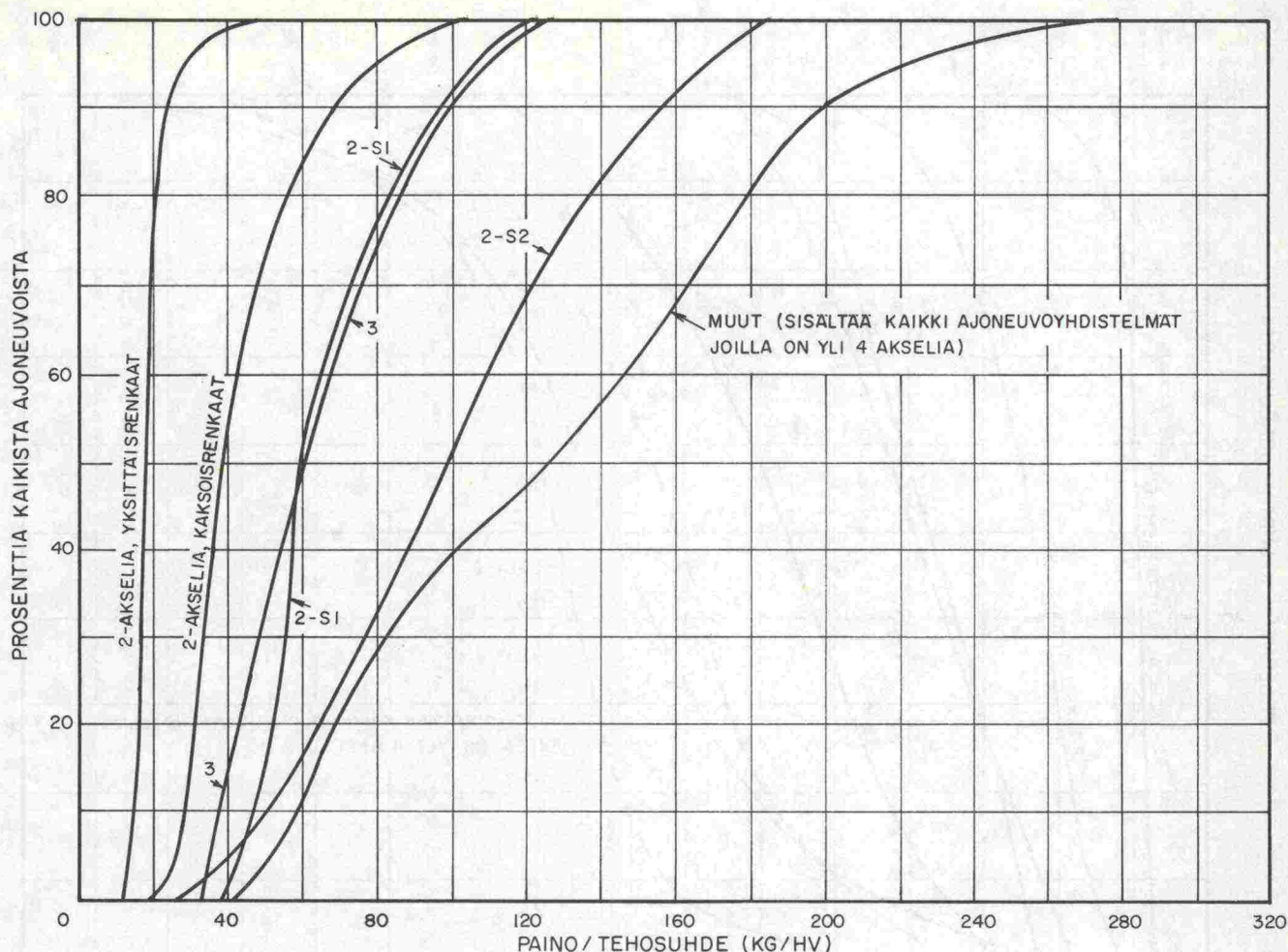
Kuvassa 5.1 esitetyt matkat perustuvat tasaiseen pituuskaltevuuteen. Jos osa kaltevuusjaksosta muodostuu pystytason pyöristyksestä, on arvioitava ko. pyöristystä vastaava tasaisen kaltevuusjakson pituus. Kuvassa 5.2 on esitetty pystytason pyöristysten mahdollisia muotoja. Jos tutkittavaan kaltevuusjaksoon sisältyy tyyppien II ja IV mukaisia pyöristyiä ja kaltevuuserot eivät ole kovin suuria, voidaan kaltevuusjakson pituus mitata pisteiden VPI väliltä. Jos kyseessä on tyyppien I ja III mukaisia pyöristyiä ja erityisesti silloin, kun kaltevuusero on huomattava, voidaan noin neljäsosa pyöristykseen pituudesta laskea mukaan tarkasteltavan kaltevuusjakson pituuteen.

Ajoneuvojen korkeammat paino/tehosuhteet alentavat nousuissa ajavien kuorma-autojen nopeuksia ja vaikuttavat alentavasti tien välityskykyyn. Bureau of Public Roads'in suorittamat tutkimukset osoittavat selvästi paino/tehosuhteen kasvavan ajoneuvojen bruttopainon kasvaessa (5, 6). Kuvassa 5.3 on esitetty kaikkien vuonna 1963 erityisissä jarrutuskokeissa punnittujen raskaiden ajoneuvojen paino/tehosuhteiden kumulatiivinen frekvenssijakautuma sekä tyhjänä että

kuormattuna. Kuvassa 5.4 on esitetty vastaava jakautuma vain kuormatuille kuorma-autoille. Käyrät osoittavat raskaiden ajoneuvojen paino/tehosuhteiden vaihtelevan huomattavasti ajoneuvotyyppistä riippuen. Paino/tehosuhde kasvaa selvästi ajoneuvojen akselilukumäärän lisääntyessä. Vaikka moottoreiden tehot ovat yli kolminkertaistuneet viimeisimmän 25 vuoden aikana, ei ajoneuvojen keskimääräinen suorituskyky ole radikaalisesti parantunut. Koska bruttopainon kasvu on suurelta osalta kompensoinut tehon kasvun, on keskimääräinen paino/tehosuhde pysynyt noin kahtena kolmasosana siitä, mitä se oli 15 vuotta sitten.

Tyypillisesti esiintyvissä suunnittelukohteissa ei pituuskaltevuuksien tai nousujen jokaisen pisteen erityisiä nopeusominaisuuksia sellaisenaan tarvita. Eri jyrkkien ja pituisten kaltevuusjaksojen keskimääräiset nopeusominaisuudet ovat usein käyttökelpoisempia. Kuvassa 5.5 on esitetty tällaiset keskimääräiset riippuvuudet tyypillisillä kaksikaistaisilla teillä. Monikaistaisilla teillä samat riippuvuudet ovat huomattavasti monimutkaisempia eikä vastaavia tietoja vielä ole käytettävissä, minkä vuoksi tehtävä pyritään ratkaisemaan erilaisilla menetelmillä.

Tietystä pituuskaltevuudesta kuorma-autojen nopeuteen kohdistuvan vaikutuksen tunteminen ei sellaisenaan riitä pyrittäessä määrittämään sen vaikutus liikenteenvälityskykyyn. Lisäksi on tunnettava liikennevirrassa olevien kuorma- ja linja-autojen vaikutus liikennemäärään henkilö-



Kuva 5.3.
Monikaistaisilla teillä vuonna 1963 tehdyissä tutkimuksissa punnittujen kaikkien raskaiden ajoneuvojen paino/tehosuhteen kumulatiivinen frekvenssijakautuma. (6)

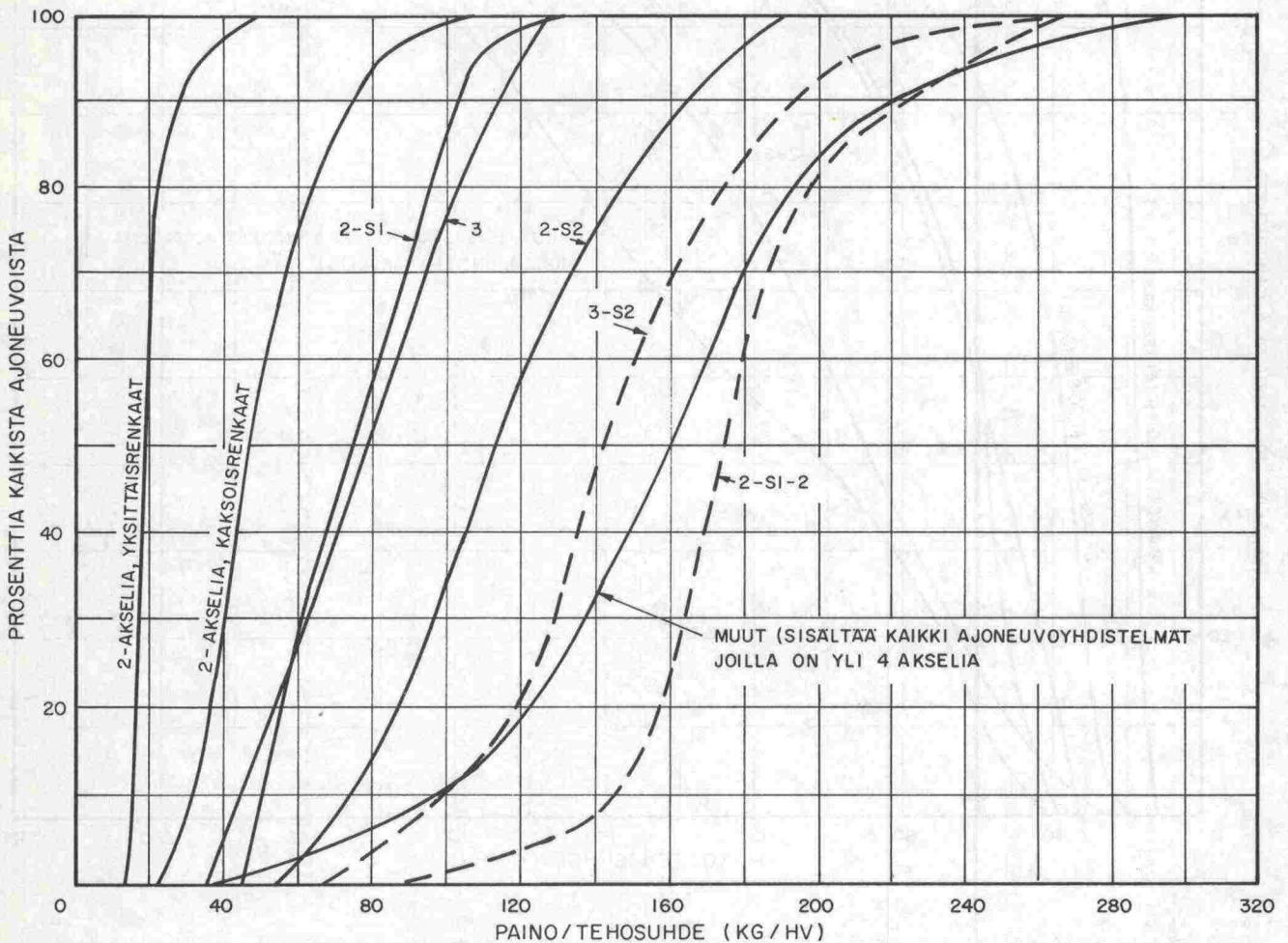
autoon verrannollisella tavalla, "henkilöautoekvivalentteina". Tämän vuoksi edellä esitettyjä tietoja on sovellettava yhdessä seuraavassa tekstiosassa ("Liikenteestä riippuvat tekijät" kohta "Kuorma-autot") esitettyjen tietojen kanssa, jotta voidaan selvittää nousuissa liikennöivien kuorma-autojen vaikutus tietyn tieosan liikenteenvälityskykyyn.

Kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet

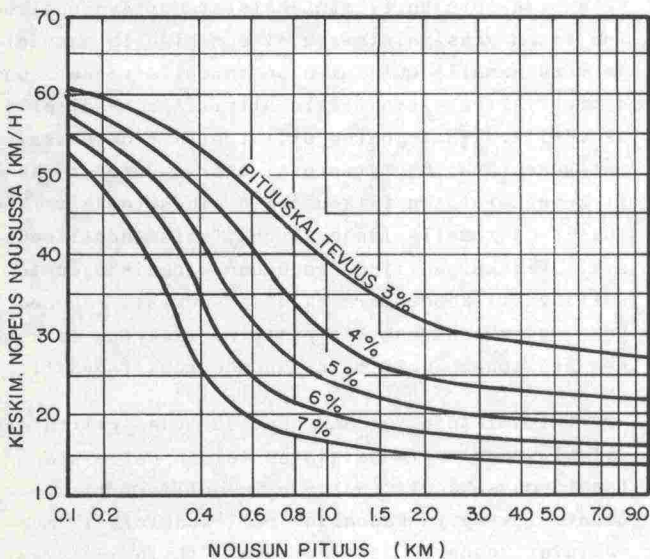
Suurimmat erot henkilöautojen ja kuorma-autojen normaaleissa nopeuksissa esiintyvät pitkissä, jatkuissa ja jyrkissä nousuissa. Tällaisessa tapauksessa kuorma-autot käyttävät tiestä useampaa henkilöautoa vastaavan tilan (niiden henkilöautoekvivalentit ovat korkeampia) kuin tasaisilla tieosuuksilla etenkin kaksikaistaisilla teillä. Tästä syystä palvelutasojen välityskyvyt ja koko liikenteenvälityskyky ovat ylämäissä alhaisempia kuin tien tasaisilla osuuksilla. Vaikka riittävien ohitusmahdollisuuksien tarve on täten suurin pitkissä nousuissa, ovat ohittamismahdollisuudet ainakin kaksikaistaisilla teillä yleensä huonommat tällaisessa tilanteessa kuin tasaisella tieosalla.

Ryömintäkaistoilla voidaan parantaa sekä liikenteenvälityskykyä että palvelutasoa pitkissä ja jyrkissä nousuissa, joissa kuorma-autoliikenteen määrä on merkittävän suuri. Joissakin tapauksissa kuorma-autojen ryömintäkaistat nostavat palvelun tason kaksikaistaisen tien mäkisellä osuudella korkeammalle kuin mitä se samoilla vaakatason geometrisilla elementeillä olisi tien tasaisella osuudella. Tämä johtuu siitä, että ryömintäkaistat vähentävät huomattavasti kuorma-autojen pääliikennekaistojen liikenteelle aiheuttamia vaikutuksia ja samalla lisäävät ohittamismahdollisuuksia. Vaikka pääliikennesuunnan ajokaistojen todellinen liikennemäärä ei ehkä suuresti väheneäkään, henkilöautoekvivalentteina laskettu liikennemäärä todennäköisimmin vähenee merkitsevästi.

Ryömintäkaistoja voidaan käyttää myös pyrittäessä ylläpitämään monikaistaisen teiden palvelutaso tasaisena sekä eliminoimaan mahdolliset liikenteenvälityskyvyn kannalta "pullonkauloiksi" muodostuvat kohdat. Itse asiassa pitkiin ja jyrkkiin nousuihin rakennetut ryömintäkaistat saattavat monikaistaisilla teillä usein korvata koko tien pituudella tarpeellisen lisäkaistan. Vaikka kuorma-autojen vaikutusta monikaistaisilla teillä ei tunneta yhtä hyvin kuin kaksikaistai-



Kuva 5.4. Monikaistaisilla teillä vuonna 1963 tehdyissä tutkimuksissa punnittujen kuormattujen kuorma-autojen paino/tehosuhteen kumulatiivinen frekvenssijakautuma. (6)



Kuva 5.5. Tavallisten kuorma-autojen keskimääräinen nopeus kaksikaistaisien teiden nousujen koko pituudella.

silla maanteillä, kuten seuraavassa tekstiosassa ("Kuorma-autot") selvitetään, voidaan yleisesti todeta, että henkilöautot pyrkivät välttämään oikeanpuoleisella ajokaistalla liikennöimistä, jos kuorma-autoja ajaa sitä pitkin ja jos liikennemäärät ovat niin alhaisia, että muut ajokaistat voivat ylläpitää toivotun palvelutason. Tästä seuraa, että ryömintäkaista olisi rakennettava silloin, kun ilman sitä muiden ajokaistojen palvelutaso alenisi toivottua alhaisemmaksi.

Ylipitkissä nousuissa ohittamisalueet saattavat olla määrättyissä liikenne- ja maasto-olosuhteissa riittävä ja helpommin toteutettava ratkaisu kuin jatkuva ryömintäkaista. Jos esim. liikennemäärät ovat verraten alhaisia ja maasto-olosuhteet sellaisia, että tien levenyttäminen kautta linjan ei ole mahdollista, voi ohitusalueiden rakentaminen parantaa palvelutasoa merkittävästi, koska niiden kohdalla kuorma-autojen taakse muo-

dostuneet jonot lyhyin väliajoin pääsevät ohitamaan kuorma-autot. Tällaisessa tapauksessa liikenteenvälityskyky paranee tosin vain vähän. Yleensä tien välityskyky kuitenkin nousee, jos ohitusalueita rakennetaan, koska nämä vähentävät kuorma-autojen vaikutuksia seuraavassa tekstiossa käsiteltävällä tavalla. Joissakin tapauksissa ohitusalueiden avulla voidaan päästä lähes samaan välityskykyyn kuin vastaavalla, jatkuvalla ryömintäkaistalla varustetulla tiellä. Ohitusalueiden yleisiä suunnitteluperusteita ei voida esittää, vaan jokainen tapaus täytyy tutkia erikseen, koska ohitusalueiden oikea sijainti on erittäin tärkeää.

Käytännössä ryömintäkaista tai ohitusalue rakennetaan siis pääasiassa siksi, että liikenteen palvelutaso nousussa olisi sopusoinnussa tien muiden osuuksien kanssa. Tavallisesti ei ryömintäkaistaa suunniteltaessa tarvitse laatia yksityiskohtaisia laskelmia saavutettavissa olevista palvelutasojen välityskyvystä tai tieosan välityskyvystä. Pikemminkin on useimmiten määritettävä kyseiset arvot tapauksessa, että ryömintäkaistaa ei rakenneta, jolloin päästään selville siitä, missä kohdassa palvelutaso ilman ryömintäkaistaa alenisi toivotun alapuolelle.

LIIKENTEESTÄ RIIPPUVAT TEKIJÄT

Vaikka kahdella tiellä olisi samanlaiset geometriset ominaisuudet (ts. vaikka kaikki tiestä riippuvat edellä käsitellyt kertoimet olisivat samoja), saattaa niiden liikenteenvälityskyky olla erilainen. Tämä johtuu siitä, että tien välityskykyyn vaikuttavat myös sitä käyttävän liikenteen koostumus, ajajien ajotapa ja toiveet sekä tiellä tarpeelliset liikenteen opastuslaitteet. Nämä olosuhteet pyritään ottamaan huomioon "liikenteestä johtuvien tekijöiden" avulla. Tässä luvussa esitetään näistä tekijöistä seuraavat: kuorma-autot, linja-autot, liikenteen kaistajakautuma, liikennemäärän vaihtelut ja liikenteen katkeamat.

Kuorma-autot

Kuorma-autot (välityskykylaskelmia varten kuorma-autoiksi määritellään tavaraa kuljettavat ajoneuvot, joilla on kaksoisrenkaat yhdessä tai useammassa akselissa) alentavat tien liikenteenvälityskykyä tunnissa välitettyjen ajoneuvojen kokonaislukumääränä laskettuna. Jokainen kuorma-auto tavallaan "poistaa" useita henkilöautoja liikennevirrasta. Kutakin kuorma-autoa vastaava henkilöautojen lukumäärä määrityissä olosuhteissa on kuorma-auton "henkilöautoekvivalentti" ko. olosuhteissa. Tasaisessa maastossa, jossa kuorma-autot voivat ajaa joko täysin tai lähes samalla nopeuksilla kuin henkilöautot, on tavallisen kuorma-auton todettu vastaavan liikenteenvälityskykylaskelmissa kahta henkilöautoa monikaisilla teillä ja 2-3 henkilöautoa kaksikaistaisilla

silla teillä palvelutasosta riippuen. Näitä arvoja voidaan soveltaa myös useimmissa laskuissa.

Kuorma-autojen henkilöautoekvivalentti vaihtelee suuresti riippuen nousun jyrkkyydestä ja pituudesta sekä ajokaistojen lukumäärästä. Edelleen pitkäkööllä tieosalla laskettu keskimääräinen ekvivalentti eroaa kyseisen tieosan nousuissa lasketuista yksittäisistä arvoista.

Määrättyä tieosaa koskevissa likimääräisissä liikenteen olosuhteiden tutkimuksissa voitaneen käyttää keskimääräistä ekvivalenttitekijää koko tieosalla. Tarkemmissa laskelmissa kuorma-autojen ajo-ominaisuudet on kuitenkin jokaisessa merkitsevässä nousussa tutkittava yksityiskohtaisesti erikseen.

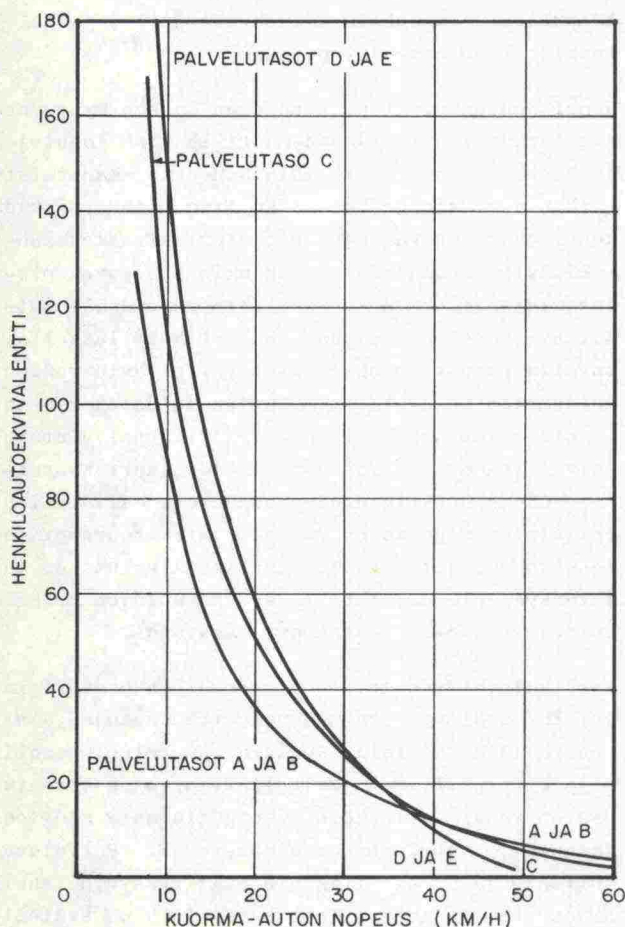
Kaksikaistaiset tiet

Kaksikaistaisilla teillä voidaan kuorma-autojen henkilöautoekvivalentit laskea verraten helposti. Ne voidaan määrätä suoraan hankkimalla yksityiskohtaiset tiedot ajoneuvojen nopeuksista ja aikaväleistä erilaisin geometrisin elementein rakennetuilla teillä ja erilaisilla liikennemäärillä. Tämän jälkeen kuorma-autoille voidaan määrittää keskimääräinen henkilöautoekvivalentti kaikissa näissä olosuhteissa. Jos tutkimus on riittävän laaja, voidaan henkilöautoekvivalentit määritellä kullekin raskaalle ajoneuvotyypille, jotka luokitellaan nopeusryhmittäin.

Henkilöautoekvivalentit voidaan laskea myös varsin tarkasti eri liikennemäärillä henkilöautojen ja kuorma-autojen erillisistä nopeusjakautumista. Laskentaperusteena käytetään tien pituusyksikköä kohti määritettyä suoritettavien ohitusten suhteellista lukumäärää, jos kunkin ajoneuvon oletettaisiin jatkavan normaalilla nopeudella tutkittavissa olosuhteissa. Se, että tällaisella tavalla saadut tulokset ovat yhtäpitäviä monimutkaisempien menetelmien antamien tulosten kanssa, ei ole yllättävää. Tien määrättyllä palvelutasolla välittämä liikennemäärä alenee juuri kuorma-autojen ja henkilöautojen nousuissa esiintyvien erilaisten nopeuksien vuoksi. Mitä suurempi nopeusero on, sitä enemmän kunkin palvelutason välityskyky alenee, jolloin kuorma-autojen henkilöautoekvivalentit vastaavasti kasvavat.

Kaksikaistaisten teiden pitkäkööllä osuuksilla, joihin sisältyy sekä nousuja että laskuja ja niiden välillä tasaisia osuuksia, on palvelutasoilla B ja C tyypillisten ekvivalenttiarvojen todettu olevan keskimäärin noin 5 kumpuilevassa maastossa ja noin 10 vuoristoisessa maastossa. Palvelutasoilla D ja E, eli liikenteenvälityskyvyn lähellä, arvot ovat 5 ja 12. Taulukossa 10.9 on esitetty näihin yleisiin henkilöautoekvivalenttikertoimiin perustuvat korjauskertoimet, joita voidaan käyttää pitkäkööjen tiejaksojen yleistarkastelussa.

Jos toisaalta tarkastellaan jotakin määrättyä kaksikaistaisen tien pituuskaltevaa kohtaa, huomataan lukuarvojen vaihtelevan laajasti maaston jyrkkyysuhteista riippuen. Kullakin palvelutasolla henkilöautoekvivalentti pitkässä ja jyrkässä nousussa kasvaa kuorma-auton nopeuden alentuessa. Tämä taas riippuu nousun pituudesta, koska pituuden kasvessa henkilöautojen ja kuorma-autojen normaalinopeuksien erot kasvavat. Kuorma-auton henkilöautoekvivalentti kasvaa nopeimmin alhaisilla palvelutasoilla, koska ohittaminen tulee yhä vaikeammaksi ja lopulta suurelta osin mahdottomaksi. Kaksikaistaisella tiellä henkilöautoekvivalentti näyttää kuitenkin riippuvan hyvin vähän tai ei ollenkaan kuorma-autojen osuudesta liikennevirrassa, jos kuorma-autojen osuus pysyy normaaleissa puitteissa ja geometriset olosuhteet ovat muuttumattomat. (Tutkimuksia ei ole suoritettu olosuhteissa, joissa kuorma-autojen osuus olisi ollut yli 20 % ja yleensä ne ovat keskittyneet sellaisiin kohteisiin, joissa kuorma-autojen osuus on ollut alle 10 % liikenteen huippujaksoina. On täysin mahdollista, että kaksikaististen teiden jatkotutkimuksissa ilmenee, että joissakin olosuhteissa henkilöautoekvivalentti riippuu kuorma-autojen prosenttiosuudesta, mutta vielä ei ole käytettävissä tietoja siitä, kasvaako vai väheneekö se prosenttiosuuden kasvaessa).



Kuva 5.6.
Kuorma-autojen erilaisia keskimääräisiä nopeuksia vastaavat henkilöautoekvivalentit kaksikaistaisilla teillä.

Kuvassa 5.6 on esitetty henkilöautoekvivalentin vaihtelu kaksikaistaisen tien nousuissa ylöspäin ajavien kuorma-autojen keskimääräisen nopeuden vaihtelusta riippuen (vrt. kuva 5.5) palvelutasoilla B, C ja E (= liikenteenvälityskyky). Kuva laadittiin edellä esitettyä nopeusjakautumiin perustuvaa menetelmää käyttäen. Käytännössä katsotaan mahdolliseksi soveltaa palvelutason B arvoja myös tasoon A ja palvelutason E arvoja tasoon D.

Useimmiten laskelmissa ei tarvitse käyttää kuvan 5.6 tietoja, koska taulukossa 10.10 on esitetty henkilöautoekvivalentit kaikille kaksikaistaisilla tiellä todennäköisesti esiintyville pituuskaltevuuksille. Taulukon arvot on laskettu kuorma-autojen keskimääräisiä ominaisuuksia käyttäen olettaen kuorma-autojen ajo-ominaisuuksien olevan kuvan 5.1a mukaisia. Jos tämä olettaus näyttää väärältä ja määrätyssä nousussa on tutkittava erikseen kuorma-autojen keskimääräinen nopeus, voidaan kuvaa 5.6 käyttää ekvivalenttikertoimen määrittämisessä. Tämä menettely saattaa olla tarpeen myös tutkittaessa jyrkkiä laskuja, joissa kuorma-autot jarruttavat moottorilla ja ajavathitaammin kuin henkilöautoliikenne.

Kaikki sekaliikennemäärät voidaan muuntaa henkilöautoyksiköiksi käyttämällä kuorma-autoille määritettyä korjauskerrointa: $(100 - P_T + E_T P_T) / 100$, jossa P_T on kuorma-autojen prosenttiosuus ja E_T asianmukainen aikaisemmin määritetty henkilöautoekvivalentin arvo. Vastaavasti kunkin palvelutason henkilöautoina ilmaistu välityskyky voidaan muuttaa sekaliikennemääräksi kertoimella: $100 / (100 - P_T + E_T P_T)$. Taulukossa 10.10 on esitetty useimmin tarvittavat korjauskertoimen arvot.

Vertaamalla henkilöautoyksikköinä ilmaistua liikennemäärää nousun välityskykyyn myös henkilöautoina ilmaistuna voidaan nousun vaikutus jokaisessa kohdassa ottaa huomioon. Jos laskelmat osoittavat, että kyseisessä nousussa palvelutaso olisi liian alhainen tai jos välityskyky ylitettäisiin, tulisi kuorma-autojen ryömintäkaistojen tai ohitusalueiden käyttämistä harkita, kuten aikaisemmin esitettiin.

Monikaistaiset tiet

Monikaistaisilla tiellä kuorma-autoista johtuvista korjauskertoimista ollaan jonkin verran heikkommin perillä, koska kuorma-autojen määrällistä vaikutusta jyrkkiä nousuja sisältävien monikaististen teiden liikenteenvälityskykyyn ei tunneta yhtä hyvin kuin kaksikaistaisilla tiellä. Ongelma on varsin monimutkainen ja edellä esitettyjen kaksikaistaisia teitä koskevien tekijöiden lisäksi sen yhteydessä on tutkittava mm. liikenteen jakautuma eri kaistoille, kuorma-autojen ohitukset toisten kuorma-autojen kanssa ja määrättyllä ajokaistalla olevien kuorma-autojen psykologiset vaikutukset muilla kaistoilla ajaviin. Näistä

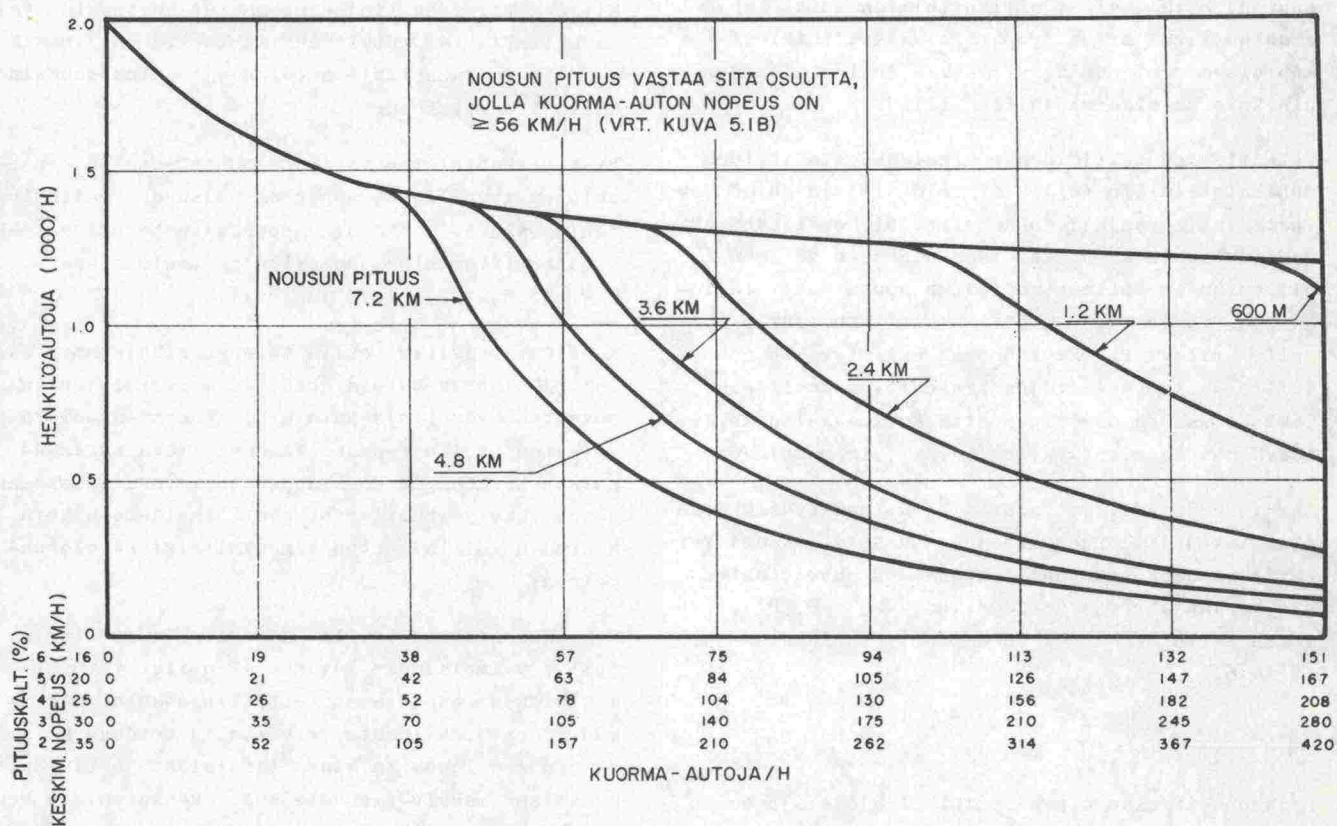
tekijöistä johtuen on henkilöautoekvivalenttien määrittäminen jommalla kummalla kaksikaistaisia teitä koskevalla menetelmällä (nopeuteen ja aika-väliin tai ohitusominaisuuksiin) perustuen huomattavasti vaikeampi tehtävä.

On täysin mahdollista, että monikaistaisella tiellä yksi tai vain muutama raskas kuorma-auto pitkässä ja jyrkässä nousussa saattaa vaikuttaa lähes yhtä voimakkaasti kuin huomattavasti suurempikin määrä kuorma-autoja ainakin verraten alhaisilla liikennemäärillä, jos kuorma-autot pysyvät oikealla ajokaistalla. Muu liikenne voi tällöin kummassakin tapauksessa suurelta osin olla käyttämättä oikeanpuoleista kuorma-autojen käyttämää ajokaistaa, kunnes muiden ajokaistojen liikennemäärät kasvavat niin suuriksi, että niiden liikennevirta tulee yhtä häiriintyneeksi kuin oikeanpuoleisella ajokaistalla. Jos kuorma-autot ohittavat toisiaan, yleistyksen ovat hyvin vaikeasti tehtävissä.

- 1) Käsikirjan tekijät katsovat tämän olevan eräs suurimmista puutteista nykyisin olemassa olevassa teiden liikenteenvälityskykyä koskevassa tietämyksessä. Jatkotutkimukset ovat ehdottomasti tarpeen.

Tällä alueella on tutkimuksia tehty varsin vähän, ja laaditut tutkimukset ovat pääasiallisesti käsitelleet verraten lähellä palvelutasoa B olevia olosuhteita.¹⁾ Kuvassa 5.7 on esitetty erään viime aikoina tehdyn palvelutasoa B koskevan tutkimuksen tulokset (7). Useimmat tässä kirjassa esitetyt monikaistaisien teiden liikenteenvälityskykyä ja palvelutasojen välityskykyä koskevat henkilöautoekvivalentit perustuvat edellisestä johtuen näihin muutamiin palvelutasoa B koskeviin tuloksiin ja niistä johdettuihin palvelutasoa E eli liikenteenvälityskykyä koskeviin arvoihin (tasolla E ohituksia ei käytännöllisesti katsoen tapahdu). Palvelutason E tulokset on laskettu tasoa B vastaavilla perusteilla muutamien palvelutasoa E koskevien kenttähavaintojen perusteella. Tässäkin tapauksessa kuorma-autojen suurin prosenttiosuus on 20 %, eikä moottoriteitä tai tavallisia monikaistaisia teitä ole eroteltu.

Pitkähköillä monikaistaisilla tieosuuksilla saadaan kaikki tien elementit (nousut, laskut ja niitä yhdistävät osuudet) huomioon ottamalla keskimääräisiksi ekvivalenttikertoimiksi palvelutasoilla B-E noin 4 mäkisessä ja noin 8 vuoristossa maastossa. Taulukoissa 9.3 ja 10.3 on esitetty näihin henkilöautoekvivalentteihin perustuvat korjauskertoimet pitkiä monikaistaisia tieosuuksia koskevia yleisiä laskelmia varten. Jos



Kuva 5.7.

Henkilöautoina ilmaistun liikennemäärän riippuvuus kuorma-autojen (= vähintään kuusirenkaiset ajoneuvot) lukumäärästä, pituuskaltevuudesta ja henkilöautojen lukumäärästä kaksikaistaisilla yksisuuntaisilla teillä palvelutasolla B.

tutkitaan määrättyjen pituuskaltevuusjaksojen ominaisuuksia, on henkilöautoekvivalenttien vaihtelu otettava huomioon. Kaksikaistaisilla teillä eivät kuorma-autojen suorittamat ohitukset ole todennäköisiä millään palvelutasolla, mutta monikaistaisilla teillä ohituksia tapahtuu huomattavasti korkeammilla palvelutasoilla, ellei se ole paikallisilla liikennemääräyksillä kielletty. Täten hitaimman kuorma-auton nopeus ei määrittele kuorma-autojen keskimääräisiä nopeuksia korkeilla palvelutasoilla, vaikka kuorma-autot vaikuttavat sekä ensimmäisen että toisen ajokaistan liikenteeseen. Liikenteenvälityskyvyn tasolla oletetaan, että ohituksia tapahtuu verraten vähän, joten kuorma-autojen vaikutus suurelta osin kohdistuu oikeanpuoleiseen ajokaistaan. Vaikka kuorma-autojen prosenttiosuutta liikennevirrasta ei katsottu merkitseväksi määrittäessä henkilöautoekvivalenttia kaksikaistaisia teitä varten, täytyy se monikaistaisilla teillä kuitenkin ottaa huomioon. Vaikka kuorma-autojen henkilöautoekvivalentti välityskyvyn tasolla on lähes yhtä suuri monikaistaisen ja kaksikaistaisen teiden vastaavissa olosuhteissa (kuorma-autojen suorituskyky, pituuskaltevuusjakson pituus ja jyrkkyys sekä kuorma-autojen lukumäärä liikennevirrassa), ovat nämä olosuhteet kuitenkin harvoin käytännössä samanlaisia. Tavallisimmin tärkeimmillä teillä kuorma-autojen suorituskyky on korkeampi, tien geometria on parempi ja kuorma-autojen osuus kokonaisliikennemäärästä pienempi. Tästä seuraa, että ekvivalenttikertoimien vaihtelu ja absoluuttiset arvot tyypillisimmissä tutkimuskohteissa ovat monikaistaisilla teillä alhaisempia kuin kaksikaistaisilla teillä.

Vaikuttavien tekijöiden moninaisuudesta johtuen monikaistaisille teille ei voida laatia kuvaa 5.6 vastaavaa kuvaajaa, joka esittäisi henkilöautoekvivalentin ja keskimääräisen nopeuden välisen riippuvuuden tällaisten teiden nousuissa. Taulukoissa 9.4 ja 10.4 on ekvivalentit kuitenkin esitetty erilaisille käytännössä esiintyville nousuille ja kuorma-autojen prosenttiosuuksille. Taulukoissa on oletettu, että kuorma-auton keskimääräinen suorituskyky on kuvan 5.1b mukainen.

Samoin kuin edellä, voidaan henkilöautoyksikköinä ilmoitettu liikennemäärä muuntaa sekaliikenteeksi käyttämällä kuorma-autojen osuuden huomioonottavaa korjauskerrointa: $100/(100 - P_T + E_T P_T)$. Tämän kertoimen arvot on esitetty taulukoissa 9.6 ja 10.6.

Linja-autot

Liikennevirrassa olevat pitkiä linjoja ajavat linja-autot vaikuttavat liikenteenvälityskykyyn samalla tavalla kuin kuorma-autot, mutta jonkin verran vähemmässä määrin. Nopeustutkimukset ovat osoittaneet, että tasaisessa tai mäkisessä maastossa pitkämatkaiset linja-autot ylläpitävät kes-

Taulukko 5.5 PITKÄMATKAISTA LIIKENNETTÄ VARTEN TARKOITETTujen LINJA-AUTOJEN MAHDOLLISET NOPEUDET JATKUVISSA NOUSUISSA^a

PITUUSKALTEVUUS (%)	NOPEUS km/h (mph)
TASAINEN	116 (72)
+1	109 (68)
+2	95 (59)
+3	82 (51)
+4	71 (44)
+5	60 (37)
+6	48 (30)

^aLähde: Kahden suuren linja-autovalmistajan ilmoittamien tietojen keskiarvo.

kimäärin samaa tai hieman korkeampaa nopeutta kuin henkilöautot. Vuoristoisessa maastossa niiden nopeus alenee, mutta pysyy korkeampana kuin suurimmalla osalla kuorma-autoista. Merkittävimmiltä linja-autojen valmistajilta saadut tiedot osoittavat, että pitkämatkaiset linja-autot keskimäärin voivat ylläpitää 48 km/h:n (30 mph) nopeutta jatkuvassa 6 prosentin nousussa. Normaleissa käytännön laskelmissa on harvoin tarkoituksenmukaista käsitellä linja-autoja erikseen, koska linja-autojen liikennemäärät ovat yleensä niin alhaisia, etteivät ne vaikuta tulokseen merkittävästi. Jos linja-automäärät kuitenkin ovat merkittäviä tai tutkittavalla tiellä on jyrkkiä nousuja, voidaan linja-autojen ajo-ominaisuuksia käsitellä erikseen.

Yksityiskohtaisten tietojen puuttuessa on linja-autojen tyypilliset nopeusominaisuudet esitetty taulukossa 5.5. Näihin nopeuksiin perustuvat ekvivalenttikertoimet on esitetty taulukoissa 9.3, 9.5, 10.3, 10.5, 10.9 ja 10.11.

Kaksikaistaisilla teillä voidaan aikaisemmin esitettyjä kuorma-autoja koskevia menettelytapoja soveltaa myös linja-autoihin. Kuorma-autoista poiketen on linja-autoilla käytettävä asianmukaista korkeampaa keskinopeutta, minkä tuloksena saadut ekvivalenttiarvot ovat alhaisempia kuin kuorma-autoilla muuten samankaltaisissa olosuhteissa.

Monikaistaisilla teillä ja varsinkin moottoriteillä viimeisimmät luvussa 11 esitetyt tutkimustulokset osoittavat, että linja-auton keskimääräisen henkilöautoekvivalentin voidaan katsoa olevan 1.6 lähes kaikissa tasaisissa ja lievästi mäkisissä maasto-olosuhteissa. Raskaimmista nousuista on vain vähän tietoja käytettävissä, ja pitkämatkaisille linja-autoille on esitetty ekvivalenttikerrointa 5 vuoristoisessa maastossa, ellei parempia paikallisia tuloksia ole käytettävissä. (Raskaasti kuormitetuille paikallislii-

kenteen linja-autoille korkeampi ekvivalenttikerroin saattaa olla tarpeen joillakin vuoristoisessa maastossa sijaitsevilla kaupunkialueilla esiintyvien teiden raskaissa nousuissa. Tällöin kerroin tulee määrittää paikallisten havaintojen perusteella. Tällaisten paikallisliikenteen linja-autojen vaikutuksia kaupunkialueiden pääkatuihin on yleisesti käsitelty luvussa 6).

Erittäin tarkkoissa laskelmissa olisi linja- ja kuorma-autojen yhteisvaikutus otettava huomioon, mutta nykyisten tietojen mukaan tällainen tarkkuus ei ole useimmissa tapauksissa tarpeen.

Erillisen linja-autojen korjauskertoimen: $(100 - P_B + E_B P_B)/100$ käyttäminen katsotaan hyväksyttäväksi pyrittäessä muuntamaan sekaliikennemääriä henkilöautoyksiköiksi. Kaavassa P_B on linja-autojen prosenttiosuus liikennevirrasta ja E_B on linja-autojen henkilöautoekvivalentti. Taulukointa 9.6, 10.6 ja 10.12 voidaan käyttää sekä linja- että kuorma-autoille, jolloin kyseinen kerroin yleisimmissä tapauksissa saadaan määritetyksi.

Liikenteen kaistajakautuma

Monikaistaisten teiden eri ajokaistojen liikennemäärät eivät ole yhtä suuret (8, 9, 10). Esimerkiksi kuusikaistaisen, välityskykyä vastaavalla tasolla toimivan moottoritieosuuden kohdassa, johon liittymät eivät vaikuta, tyypilliset ajokaistojen liikennemäärät ihanneolosuhteissa yhteen suuntaan ovat noin 1700 ajon./h ensimmäisellä kaistalla (oikeanpuoleinen ajokaista), 2100 ajon./h toisella kaistalla ja 2200 ajon./h kolmannella kaistalla (keskikaistan viereinen ajokaista).

Yleisiä jakautuman arvoja ei voida esittää ja määrättyä poikkileikkausta koskevia arvoja määritettäessä tulee lukuisia paikallisia olosuhteita ottaa huomioon. Esimerkiksi kahdeksankaistaisten moottoriteiden sisimmällä ajokaistalla saattavat hetkelliset liikennemäärät vastata jopa 2400 ajon./h. Yleisesti voidaan kuitenkin esittää, että ihanneolosuhteissa vasemmanpuoleisten ajokaistojen käyttö on suurempi ja oikeanpuoleisimman ajokaistan pienempi kuin kunkin palvelutason keskimääräinen yhden ajokaistan liikennemäärä.

Vasemmanpuolisten ajokaistojen korkeat liikennemäärät ihanneolosuhteissa johtuvat osittain siitä, että nopeimmat ajajat pyrkivät välttämään ensimmäistä ajokaistaa, jota useimmat hitaat ajajat käyttävät. Monet vasemmanpuoleisten ajokaistojen käyttäjät pyrkivät myös välttämään ensimmäisellä ajokaistalla esiintyvää liikenteen häiriintymistä, jonka moottoritielelle yleensä oikealta puolelta saapuva ja siltä poistuva liikenne aiheuttaa.

Jos moottoritielellä on enemmän kuin kaksi ajokaistaa yhteen liikennesuuntaan, voidaan kuitenkin tehdä tiettyjä eri ajokaistojen suhteellista tehokkuutta koskevia yleistyksiä. Yleensä muiden kuin kahden oikeanpuoleisimman ajokaistan liikenne-

nemäärät ovat korkeampia kuin kahden samansuuntaisen ajokaistan keskimääräinen liikennemäärä kaistaa kohti. Tämä johtuu siitä, että todennäköisyys, että hitaammin ajava ajoneuvo estäisi nopeampaa vähenee huomattavasti, jos yhteen liikennesuuntaan on yli kaksi ajokaistaa, vaikka ajokaistaa kohti laskettu redusoitu tuntiliikenne on samansuuruinen. Tämän tehokkuuden lisäyksen määrä on kohtalaisen hyvin ennustettavissa. Jos esimerkiksi kahden samansuuntaisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä palvelutasolla B on 2000 hay/h eli keskimäärin 1000 hay/h ajokaistaa kohti, niin kolmannen ajokaistan lisääminen kasvattaa kokonaisliikennemäärän keskimäärin 3500 hay/h:ksi samalla palvelutasolla. Lisätty ajokaista lisää täten palvelutason B liikenteenvälityskykyä käytännössä 1500 hay/h eikä 1000 hay/h yhdessä suunnassa, jolloin liikennemäärä keskimäärin on 1167 hay/h ajokaistaa kohti. Alhaisimmilla palvelutasoilla liikennemäärien ollessa korkeampia tämä vaikutus vähenee ja on merkityksellön liikenteenvälityskyvyn tasolla (palvelutaso E). Luvussa 9 näitä seikkoja on käsitelty yksityiskohtaisesti. On kuitenkin muistettava, että nykyisin tunnetaan vain kokonaisliikennemäärät sekä keskimääräiset ajokaistojen liikennemäärät, mutta liikenteen kaistajakautuma vaihtelee.

Tien toiminnan kannalta kriittisillä alueilla liikenteen kaistajakautuma voi olla huomattavasti erilainen kuin ihanteellisissa olosuhteissa todennäköinen jakautuma. Korkealuokkaisia monikaistaisia teitä ja varsinkin moottoriteitä suunniteltaessa tai niiden toimintakykyä arvioitaessa on tunnettava liikenteen kaistajakautuman muutokset kriittisillä alueilla.

Ramppien liittymis- ja erkanemiskohdissa sekä rampeihin liittyvillä sekoittumisalueilla ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä on erityisen merkittävä, koska se määrää kuinka paljon liikennettä voi päästä tielle tai poistua siltä hyväksyttävissä ajo-olosuhteissa. Jos sekoittumisalueiden liikennemäärä on huomattavan korkea, on sekä sekoittuvalle että sekoittumattomalle liikennevirralle varattava riittävän leveä alue. Nouisissa liikenteen kaistajakautuma muuttuu usein, koska kuorma-autojen ehkä pysyessään ensimmäisellä ajokaistalla niiden henkilöautoekvivalentit kasvavat merkittävästi ja käytännössä ne vievät tiestä aikaisemmin henkilöautojen käytettävissä ollutta tilaa, jolloin henkilöautojen täytyy vaihtaa ajokaistaa.

Kaikkia nopeuksia vastaavat palvelutasojen välityskyvyt ja yleensä myös liikenteenvälityskyky itsessään vähenee, ellei monikaistaisilla teillä ole täydellistä liittymisrajoitusta, koska tällöin ajoneuvot säännöllisesti saapuvat tielle tai poistuvat siltä sekä oikealta että vasemmalta. Tällaisten teiden vasemmanpuoleisella ajokaistalla esiintyvät alhaisemmat ajonopeudet ja liikenne-

nevirran häiriöt tekevät siitä vertailukelpoisemman ensimmäisen ajokaistan kanssa, jolla hitaitten ajoneuvojen osuus sekä muut häiriöt joka tapauksessa säilyvät ennallaan. Tällaisissa tapauksissa kummankin uloimman kaistan väliin mahdollisesti jäävät ajokaistat välittävät suuremman osan koko liikenteestä kuin reunimmaisat ajokaistat.

Vaikka liikenteen kaistajakautuma on tärkeä muutuja, ei sen vuoksi tarvitse tehdä erityisiä korjauksia, koska tapauksissa, joissa se on merkittävä (esim. tietyillä moottoriteilla, nousuissa tai ramppien liittymäkohdissa) sen vaikutukset on jo otettu huomioon käytetyissä laskentamenetelmissä.

Liikennemäärän vaihtelut

Kuten luvussa 3 esitettiin, suunnittelussa käytettävä tuntiliikennemäärä määritellään prosentteina ennustetusta keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä. Tällä menetelmällä voidaan kohdallisen hyvin ottaa huomioon liikennemäärien vaihtelut eri vuorokauden aikoina ja jopa eri vuorokausina. Luvussa 3 esitettiin myös, että huipputunnin sisäiset liikennemäärän vaihtelut vaikuttavat selvästi tien toiminnallisiin ominaisuuksiin ja täten tiellä käytännössä saavutettavaan liikenteenvälityskykyyn. Näiden tekijöiden vaikutuksia koskeva tietämys on yhä lisääntymässä ainakin tiettyjen tietyyppien osalta.

Tässä käsikirjassa otetaan liikenteen huippuuntuminen huomioon moottoriteilla ja tasoliittymissä. Tämä tapahtuu ns. huipputuntikertoimella, joka on huipputunnin todellisen liikennemäärän suhde tietyn huipputuntiin sisältyvän, lyhyen huippuliikennejakson perusteella laskettuun redusoituun tuntiliikenteeseen. Moottoriteilla tämä suhde perustuu korkeimman 5 minuutin liikennemäärän avulla laskettuun redusoituun tuntiliikenteeseen, ja liittymissä käytetään korkeinta 15 minuutin ajanjaksoa laskentaperusteena. Suhde lasketaan jakamalla koko huipputunnin aikana havaittujen ajoneuvojen lukumäärä joko 12-kertaisella viiden minuutin huippuliikennemäärällä tai nelinkertaisella 15 minuutin huippuliikennemäärällä. Huipputuntikertoimen korkein mahdollinen arvo on 1.0.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että korkeimman viiden minuutin liikenteen perusteella laskettu redusoitu tuntiliikenne suurehkojen kaupunkialueiden moottoriteilla on tavallisesti 1.05 - 1.15 kertaa huipputunnin todellinen liikennemäärä, mutta se voi olla jopa 1.4 kertaa huipputunnin liikennemäärän suuruisen pienellä kaupunkialueilla. Tätä vaihtelua vastaavat huipputuntikertoimen arvot ovat 0.95 ja 0.70. Tyypillisessä tasoliittymässä vilkkaamman 15 minuutin perusteella laskettu redusoitu tuntiliikenne saattaa

olla noin 1.2 kertaa huipputunnin todellinen liikennemäärä, jolloin huipputuntikertoimeksi tulee suunnilleen 0.85.

Huipputuntikertoimia tulisi käyttää laskettaessa tasoliittymien ja moottoriteiden liikenteenvälityskykyä sekä palvelutasojen välityskykyä. Kertoimien valinta ja käyttö on kuvattu yksityiskohtaisesti luvuissa 6 ja 9. Maaseudun maanteillä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa tapahtuvasta liikenteen huippuuntumisesta tiedetään vähemmän. Tämä koskee etenkin ilman liittymärajoitusta olevia teitä. Koska nämä tiet kuitenkin normaalisti suunnitellaan käyttäen tavoitteena korkeata palvelutasoa, on kyseisillä tietyypeillä yleensä korkea "varmuuskerroin" huippuuntumista vastaan. Tämän vuoksi liikennevirran vaihteluja huipputunnin aikana ei oteta tavallisesti huomioon maaseudun teitä suunniteltaessa. Vastaavasti tiedetään tavallisten kaupunkialueiden ja esikaupunkialueiden teiden liikenteen huippuuntumisominaisuuksista vain vähän varsinkin olosuhteissa, joissa niiden liikennevirta on suhteellisen katkeamaton eikä teillä ole liittymärajoitusta. Tässäkin tapauksessa tietojen tarve ei kuitenkaan ole suuri. Kaupunkiolosuhteissa katkeamaton liikennevirta on harvinainen, jolloin tasoliittymät tai muut liikennevirran katkaisevat teiden pisteet muodostuvat tavallisesti liikenteenvälityskyvyn kannalta kriittisiksi.

Liikenteen katkeamat

Tähän asti on käsitelty pääasiassa katkeamatonta liikennevirtaa. Jos tien ominaisuuksista johtuen joidenkin tai kaikkien ajoneuvojen on pysähdyttävä, tien liikenteenvälitysominaisuudet heikkenevät. Vaikka palvelutaso alenee joka tapauksessa, voi tie yleensä satunnaisista katkeamista huolimatta korkeammilla palvelutasoilla välittää koko sillä kulkevan liikenteen. Alemmilla palvelutasoilla ja liikenteenvälityskyvyn tasolla tapahtuu kuitenkin häiriöitä, ellei häiriöalueelle rakenneta lisäkaistoja riittävästi siten, että ne korvaavat ajokaistojen tehollisessa käytössä tapahtuneen vähenemisen.

Kuten aikaisemmin mainittiin, voidaan perussääntönä katkeamakohdassa pitää sitä, että jonoon pysähtyneet henkilöautot kullakin ajokaistalla vain harvoin pystyvät lähtemään liikkeelle nopeammin kuin 1500 hay/h (keskimääräinen aikaväli 2.4 s). Kun muistetaan, että katkeamaton liikennevirta voi olla suunnilleen 2000 hay/h ajokaistaa kohti, on helppo ymmärtää, miksi jonot voivat kasvaa nopeasti liikenteen pysähdyskohdasta lähtien, ellei asianmukaisesti toimenpiteisiin ole ryhdytty.

Seuraavassa käsittelyssä liikenteen katkeamat on jaettu kahteen pääryhmään: tasoliittymiin ja muihin katkeamiin.

Tasoliittymät

Tasoliittymät ovat ylivoimaisesti yleisin liikenteen katkeaman aiheuttava tekijä ja vaikeimmin eliminoitavissa, koska niissä kaksi tai useampi täysin erillinen liikennevirta jakaa saman ajoradan alueen. Tasoliittymien vaikutus liikenteenvälityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyyn on useimmissa tapauksissa niin merkittävä, että liikenteenvälityskyky määräytyy niiden perusteella, eikä niitä voida käsitellä soveltamalla korjauskertoimia katkeamattoman liikennevirran olosuhteisiin. Käsikirjan luku 6 käsittelee pelkästään tätä asiaa.

Muut katkokset

Tähän ryhmään kuuluvat esim. tiemaksujen keräyspisteet, liikkuvat sillat ja rautatien tasoristeykset. Tiemaksujen keräyspisteissä kaikkien ajoneuvojen täytyy pysähtyä, mutta yleensä näissä kohdissa ei esiinny kovin suuria viivästyksiä tai pitkiä jonoja, koska lisäkaistoja on tavallisesti rakennettu riittävästi, jotta liikennetarve ei ylitä kyseisen pisteen välityskykyä. Muissa tapauksissa tällaisia kompensoivia ratkaisuja ei ole näin helppo toteuttaa, eikä tällaisia tapauksia varten voida esittää yleisiä korjauskertoimia. Jokainen tapaus on tutkittava erikseen yksityiskohtaisesti. Kun ensin on selvitetty ongelman suuruus, voidaan toteutettavissa olevia parannuskeinoja harkita.

Jos esim. nelikaistaisen maantien ja rautatien tasoristeys olisi suljettu kahden minuutin ajan ja hetkellinen raskaamman liikennesuunnan liikennemäärä olisi 600 hay/h eli 10 hay/min kaistaa kohti, olisi noin 20 autoa kummallakin kaistalla siinä vaiheessa, kun liikenne pääsisi jälleen liikkeelle. Jonot ulottuisivat noin 150 metrin päähän, jos pysähtyneiden ajoneuvojen keskimääräinen etäisyys olisi 7,5 metriä. Koska jonon alkupää lähtisi liikkeelle "nopeudella" 1500 hay/h ajokaistaa kohti, ja jonon perään saapuvien ajoneuvojen liikennemäärä vastaisi vain 600 hay/h:a ajokaistaa kohti, jono hajaantuisi verraten nopeasti, mutta "etenisi" ylävirtaan hävitessään.

Jos kuitenkin samassa paikassa raskaamman suunnan liikennemäärä vastaisi vähintään 1500 hay/h:a ajokaistaa kohti, jono olisi vastaavasti pitempi kahden minuutin pysähdymisen jälkeen. Vielä tärkeämpää on, että jono ei häviäisi edetessään ylävirtaan, ennenkuin saapuvien ajoneuvojen liikennemäärä ajokaistaa kohti laskisi alle 1500 hay/h:n, koska ennen tätä jonon loppupäähän saapuvien ajoneuvojen määrä olisi sama tai suurempi kuin alkupäästä poistuva ajoneuvomäärä. Jono tai pysähdysaalto saattaisi edetä useita kilometrejä taaksepäin, ennenkuin se saavuttaisi paikan, missä liikennetarve olisi alle 1500 hay/h ajokaistaa kohti.

Rautatien tasoristeystä koskeva esimerkkitapaus ei kuitenkaan ilmene ylikuormitetulla tiemaksujen keräysportilla. Vaikka liikennetarve olisi niin suuri, että jonoja alkaa muodostua portille, eivät ajoneuvot silti pysy samassa paikassa tiettyä ajanjaksoa, vaan kukin ajoneuvo liikkuu hitaasti pysähdyksiä tehden porttia kohti.

Jos kullakin portin ajokaistalla olisi jatkuvasti riittävän pitkä jono, jotta ajoneuvojen satunnaisesta portille saapumisesta huolimatta jokaisella ajokaistalla jatkuvasti olisi portista pääsyä odottavia ajoneuvoja, määräytyisi kunkin ajokaistan liikenteenvälityskyky ajoneuvojen portin läpi pääsemiseen tarvitsemasta keskimääräisestä ajasta (keskimääräisestä aikavälistä portilla). Näin pitkiä jonoja tien käyttäjät eivät kuitenkaan yleensä sietäisi. Ylipitkien jonojen muodostumisen estämiseksi tulisi maksujenkeräysportilla (tai muussa vastaavassa katkoskohdassa) tarvittavien ajokaistojen lukumäärä määrittää jonoteorian perusteella, joka ottaa huomioon satunnaisen saapumisen vaikutuksen, kuten tilastollisissa erikoisteoksissa on esitetty.

Jopa nopeusrajoitukset voivat jossakin määrin aiheuttaa liikenteen katkeamia. Jos ne eivät alenna nopeuksia alle 48 km/h:iin (30 mph) tai mahdollisesti 65 km/h:iin (40 mph) moottoriteillä, ne eivät merkittävästi vaikuta liikenteenvälityskykyyn, mutta vaikuttavat kyllä palvelutasoon. Toisaalta tehokkaasti valvottu enintään 37 km/h:n (25 mph) nopeusrajoitus muuten katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa olevalla tiellä alentaa liikenteenvälityskykyä estämällä sen korkeimman arvon saavuttamiseen tarvittavan nopeuden käytön.

Korjauskertoimien soveltaminen

Luvussa 4 käsiteltiin eri tyyppisten teiden liikenteenvälityskykyä ihanneolosuhteissa. Käytännössä näitä ihanneolosuhteita koskevia arvoja ei voida koskaan soveltaa suoraan tietylle tielle mahdollisesti lukuunottamatta joitakin korkealuokkaisia henkilöautoteitä, joilla kuorma-autoilla ajo on kielletty. Jotta tavallisimmin esiintyvä tehtävä tietyn tien liikenteenvälityskyvyn määrittämisestä voidaan ratkaista, täytyy taulukosta 4.1 saatuja arvoja alentaa, jotta useat tiestä tai liikenteestä johtuvat tässä luvussa esitetyt tekijät tulevat huomioon otetuiksi.

Seuraavissa luvuissa on esitetty näiden tekijöiden huomioonottamiseksi käytetyt korjausmenetelmät asianmukaisissa yhteyksissä. Tässä vaiheessa riittänee luettelo kaikista käsitellyistä tekijöistä, minkä lisäksi osoitetaan, mitä tekijöitä käytetään tyyppillisissä tehtävissä ja kuinka ne otetaan huomioon. Tällainen luettelo on esitetty taulukossa 5.6.

Taulukko 5.6 IHANTEELLISIIN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRRAN OLOSUHTEIDEN ARVOIHIN SOVELLETTAVAT KORJAUSMENETELMÄT^a

KORJAUKSEN AIHEUTTAJA	KORJAUSMENETELMÄ
<u>Tiestä riippuvat tekijät</u>	
Ajokaistan leveys } Sivuesteet	Valitaan asianmukaiset korjauskertoimet taulukoista 9.2, 10.2 tai 10.8.
Pientareet	Sovelletaan kohdassa "Pientareet" esitettyä korjauskerrointa, jos tarpeen.
<u>Lisäkaistat</u>	
Pysäköintikaistat	Käsitellään kuten sivuesteet.
Nopeudenmuutoskaistat	Käsitellään kuten ramppiliittymät, vrt. luku 8.
Ryhmittymis- ja varastointikaistat	Ei yleensä esiinny katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, vrt. luvussa 6 esitettyyn valoristeysten käsittelytapaan.
Sekoittumiskaistat	Käsitellään kuten sekoittumisalueet tai ramppiliittymät, vrt. luku 7 ja 8
Kuorma-autojen ryömintäkaistat	Käsitellään taulukon kohdan "Kuorma-autot" yhteydessä.
Päällysteen laatu	Ei erityistä korjauskerrointa, otetaan huomioon harkinnan mukaan.
Tien geometria ^b	Sisältyy muihin korjauksiin, pääasiassa käyttösuhteeseen.
Pituuskaltevuudet	Sisältyy taulukon kohtaan "Kuorma-auto".
<u>Liikenteestä riippuvat tekijät</u>	
Kuorma-autot, kaksikaistaiset tiet	Sovelletaan henkilöautoekvivalenttikertoimia (vrt. luku 10 sekä taulukot 10.9, 10.10 ja 10.12).
monikaistaiset tiet	Sovelletaan henkilöautoekvivalenttikertoimia (vrt. luvut 9 ja 10 sekä taulukot 9.3, 9.4, 9.6, 10.3, 10.4 ja 10.6).
Linja-autot	Sovelletaan henkilöautoekvivalenttikertoimia (vrt. luvut 9 ja 10 sekä taulukot 9.5, 9.6, 10.5, 10.6, 10.11 ja 10.12).
Liikenteen kaistajakautuma	Sisältyy muihin korjauskertoimiin.
Liikennevirran vaihtelut	Moottoriteillä sovelletaan 5 min. jakson perusteella laskettua huipputuntikerrointa (vrt. luku 9). Liittymissä sovelletaan 15 min. jakson perusteella laskettua huipputuntikerrointa (vrt. luku 6). Muilla tiettyypeillä sovelletaan harkinnan mukaan.
Liikenteen katkeamat	Liittymät käsitelty luvussa 6. Muualla kuin liittymissä kukin katkeama käsitellään erikoistapauksena.

^a Taulukossa 4.1 esitetyt ihanneolosuhteet perusarvoina.

^b Sisältää keskimääräisen tienopeuden ja näkemäolosuhteet.

Näitä useissa tämän luvun taulukoissa esitettyjä tekijöitä, joista edellä esitettiin yhteenveto, voidaan soveltaa ainoastaan katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, ellei erikseen ole mainittu, että jotakin tekijää käytetään myös liittymien toimintaa tutkittaessa. Muissa tapauksissa kertoimia ei voida soveltaa kaupunkikatuihin tai muihin teihin, joiden keskimääräiset käyttönopeudet ovat alhaisia ja joilla esiintyy pysähdyksiä. Tällaisia teitä varten kehitetyt erityismenetelmät käsitellään asianmukaisissa yhteyksissä luvuissa 6 ja 10. Mainittakoon, että tämän luvun taulukot osoittavat näiden rajoittavien tekijöiden ainoastaan liikenteenvälityskykyyn ja palvelutasoon kohdistuvat vaikutukset luvussa 4 esitetyin perustein mitattuna. Häiriöistä johtuvia ajomukavuuteen ja turvallisuuteen kohdistuvia negatiivisia vaikutuksia ei ole käsitelty, mutta ne esiintyvät kaikilla palvelutasoilla.

On tärkeätä, että sovellettaessa tässä luvussa esitettyjä tekijöitä käytännön ratkaisuihin käytetään tervettä harkintaa. Jokaisen ongelman lopullisen ratkaisun tulisi osoittaa, että kukin tekijä on otettu täysin huomioon. Toisaalta jokaisen tekijän yksityiskohtainen tutkiminen alustavissa laskelmissa saattaa olla tarpeetonta ajanhukkaa. Tämä pitää erityisesti paikkansa, kun pyritään tekemään vain vertailevia tutkimuksia, jolloin vastausten tulee olla toisiinsa nähden verrannollisia eikä absoluuttisia. Lyhyesti sanottuna liikenteenvälityskykyä ja palvelutasojen välityskykyä koskevien laskelmien tarkkuuden, korjauskertoimien käyttö mukaan luettuna, tulisi olla sopusoinnussa ratkaistavan ongelman tarkkuusvaatimusten kanssa.

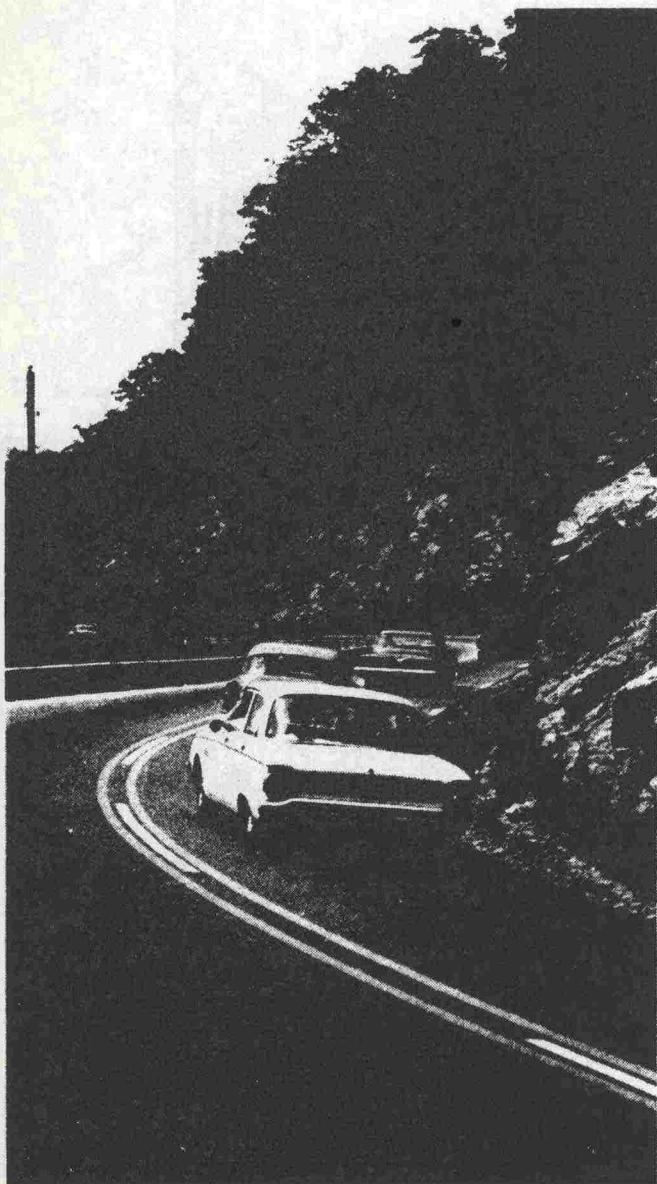


Kuorma-autojen ryömintäkaista (oikealla puolella) lisää tämän kaksi-kaistaisen tiejakson välityskykyä sekä parantaa sen palvelutasoa.



Sopeuttamalla tämä nelikaistainen tie joustavasti vaikeaan maastoon on voitu välttää maastosta johtuvat hättäväikutukset tien geometriaan, jotka voivat suuresti vähentää välityskykyä.

LÄHDELUETTELO



Ryömintäkaistojen ja riittävien pientareiden puute sekä huono geometria alentavat tämän kaksikaistaisen tien välityskykyä.

1. KEESE, C. J., and PINNELL, C., "Effect of Freeway Medians on Traffic Behavior." *HRB Bull.* 235, pp. 1-18 (1960).
2. WALKER, W. P., "Influence of Bridge Widths on Transverse Positions of Vehicles." *Proc. HRB*, 21: 361-365 (1941).
3. SCHWENDER, H. C., NORMANN, O. K., and GRANUM, J. O., "New Methods of Capacity Determinations for Rural Roads in Mountainous Terrain." *HRB Bull.* 167, pp. 10-37 (1957).
4. WEBB, G. M., *Traffic Bulletin No. 2—Truck Speeds on Grades*. California Div. of Highways (Sept. 1961).
5. SAAL, C. C., "Relation Between Gross Weights of Motor Trucks and Their Horsepower." *Pub. Roads*, 29: No. 10, 233-238 (Oct. 1957).
6. WRIGHT, J. M., and TIGNOR, S. C., "Relationship Between Gross Weights and Horsepowers of Commercial Vehicles Operating on Public Highways." Soc. Automotive Eng., Paper 937B (Oct. 1964).
7. NEWMAN, L., and MOSKOWITZ, K., "Effect of Grades on Service Volumes." *Highway Res. Record* No. 99, pp. 224-243 (1965).
8. MOSKOWITZ, K., and NEWMAN, L., *Traffic Bulletin No. 4—Notes on Freeway Capacity*. California Div. of Highways (July 1962).
9. MAY, A. D., JR., "Traffic Characteristics and Phenomena on High Density Controlled Access Facilities." *Traffic Eng.*, 31: No. 6, 11-19, 56 (Mar. 1961).
10. TUTT, P. R., *Traffic Volume Distribution by Lanes on Texas Freeways*. Texas Highway Dept.
11. KEESE, C. J., PINNELL, C., and MCCASLAND, W. R., "A Study of Freeway Traffic Operation." *HRB Bull.* 235, pp. 73-132 (1960).
12. *A Policy on Geometric Design of Rural Highways*. Amer. Assn. of State Highway Officials, Washington, D. C. (1965).

LUKU 6

TASOLIITTYMÄT

Tasoliittymät alentavat tien liikenteenvälityskykyä ja katkaisevat usein liikennevirran varsinkin kaupunkialueella. Liittymät määräävät suurelta osin I ja II luokan pääkatujen ajoneuvo- ja jalankulkuvirtojen välityskyvyn, minkä lisäksi ne voivat myös huomattavasti vaikuttaa läheisiin moottoriteihin ja jopa alentaa niiden toiminnan tehokkuutta. Täten liittymien toimivuus ja katkaistu liikennevirta ovat läheisesti toisiinsa liittyviä käsitteitä.

Liittymään saapuvan ja siitä läpi pääsevän ajoneuvoliikenteen määrä riippuu:

- a) teiden fyysisistä ominaisuuksista ja ajo-ominaisuuksista,
- b) tarkasteltavan alueen sijainnista riippuvista ympäristöolosuhteista, jotka vaikuttavat ajajien kokemukseen ja toimintaan,
- c) liikennevirran ominaisuuksista ja
- d) liikenteen ohjauksesta.

Koska näin monet tekijät vaikuttavat liittymien läpi kulkevaan katkaistuun liikennevirtaan ei "ihanneolosuhteiden" määrittely ole mahdollista samassa mielessä kuin katkeamattoman liikennevirran yhteydessä. Vastaavasti ei liikenteenvälityskykyä ja palvelutasojen välityskykyä ihanneolosuhteissa voida yksikäsitteisesti määritellä. Tämän vuoksi katkaistun liikennevirran käsittelymenetelmät on laadittu tyypillisiin tai keskimääräisiin olosuhteisiin perustuen. Korjauskertomilla arvoja voidaan muuntaa sekä ylös- että alaspäin tarkasteltavien erityisolosuhteiden mukaan.

Vaikka jopa varsin kaukana liittymästä esiintyvät olosuhteet saattavat vaikuttaa liittymään saapuvaan ja siitä läpi pääsevään ajoneuvoliikennemäärään, on tietyn liittymän liikenteenvälityskyky suurelta osin riippuvainen siihen välittömästi liittyvien tulohaarojen ominaisuuksista. Liittymän kaikkia tuloharoja kuormitetaan vain harvoin samanaikaisesti niiden toimintakyvyn rajoille asti. Tämän vuoksi on tarkoituksenmukaista käsitellä liittymän liikenteenvälityskyky erikseen kunkin tulohaaran välityskyvyn perusteella. Käy-

tännössä liikenneinsinöörien yleensä käyttämä termi "liittymän välityskyky" itse asiassa tarkoittaa määrätyn tulohaaran välityskykyä. Samalla tavoin "liittymän palvelutason välityskyky" käytännössä tavallisesti tarkoittaa tietyn tulohaaran palvelutason välityskykyä. Mainittakoon tässä yhteydessä, että termiä "liittymän välityskyky" käytetään seuraavassa usein yksinkertaisuuden vuoksi tarkoittaessa eri välityskykyjä ja palvelutasojen välityskykyjä yhteisesti.

Tässä luvussa käsitellään pääasiassa liikennevaloin varustettuja liittymiä, joskin ilman liikennevaloja olevien liittymien toimintaa kosketellaan myös lyhyesti.

LIIKENNEVALOIN VARUSTETUT LIITTYMÄT - YLEISTÄ

Vuoden 1950 Highway Capacity Manual'ia laadittaessa Highway Capacity Committee (käsikirjan laatinut komitea) totesi, että liikennevaloin varustettujen liittymien liikenteenvälityskyvystä oli julkaistu vain vähän tietoja. Tämän vuoksi suoritettiin O.K. Normannin⁽¹⁾ johdolla laajoja tutkimuksia riittävien tietojen kokoamiseksi. Komitean jäsenten keräämien tietojen lisäksi saatiin eri osavalttioiden tieviranomaisilta ja useiden kaupunkien viranomaisilta lisätietoja Bureau of Public Roads'in pyynnöstä. Tällaisen yhteistyön tuloksena saatiin kerättyä tietoja ennen näkemättömän laajalta alueelta. Kerätyissä tiedoissa esitettiin havaitut korkeimmat tuntiliikennemäärät, jotka laskettiin 15 min. jaksoina. Liittymien välityskykyä kuvaavat käyrät ja niihin liittyvät korjauskertoimet määritettiin em. tietojen perusteella, ja ne tyydyttävät koko liittovaltiossa esiintyvän tietojen tarpeen.

Seuraavina vuosina kuitenkin todettiin, että yhä yksityiskohtaisempia tietoja tarvittaisiin, jotta liikennevaloin varustettujen liittymien välitys-

(1) Käsikirjan laatineen komitean puheenjohtaja kuoli 4.5.1964 tämän käsikirjan valmistumisvaiheessa. (suom. huom.)

kykyyn liittyvien lisämuuttujien vaikutukset voitaisiin tutkia ja selvittää. Vuonna 1954 Highway Capacity Committee aloitti uuden ja vielä laajemman tutkimuksen jälleen O.K. Normannin henkilökohtaisella johdolla. Erityiset lomakemallit ja ohjeet lähetettiin koko liittovaltion asianomaisille viranomaisille, joita pyydettiin täyttämään ja palauttamaan ne Bureau of Public Roads'in tutkittavaksi. Vuosien 1955 ja 1956 aikana kerättiin 1600 vilkasta liittymätulohaaraa koskevat yksityiskohtaiset liikennemäärätiedot, jotka laskettiin liikennevalojaksoittain 1-2 tunnin aikana, minkä lisäksi kunkin jakson käyttöaste merkittiin muistiin. Noin 1100 tulohaaraa koskevat tiedot todettiin sopiviksi yksityiskohtaista tutkimusta varten. Tiedot analysoitiin sekä graafisesti että useamman muuttujan regressioanalyysillä (1). Monet lopullisista analyyseistä, tulosten tulkinnoista, laskelmia varten kehitetyistä kuvaajista ja menetelmistä suoritti tai laati O.K. Normann henkilökohtaisesti ennen aikaista kuolemaansa edeltäneenä aikana (2). Tämän vuoksi on sopivaa, että tässä luvussa kuvattuja menetelmiä kutsutaan yhteisnimellä "Normannin menetelmä" liikennevaloin varustettujen liittymien välityskyvyn ja palvelutason laskemiseksi.

Huolimatta em. tavalla kerätyistä tiedoista on kuitenkin useista liittymien liikenteenvälityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyyn vaikuttavista tekijöistä vain vähän tietoja käytettävissä. Erityisen monimutkaisia ovat ympäristö- ja ajo-olosuhteista riippuvat tekijät, jotka vaihtelevat huomattavasti eri alueilla ja jotka voivat vaikuttaa merkittävästi tietyn ajanjaksona liittymän läpi pääsevien ajoneuvojen lukumäärään. Paikalliset liikennesäännöt, valvonnan tehokkuus ja ajajien koulutuksen taso ovat esimerkkejä tällaisista tutkimuskohteen sijainnista riippuvista tekijöistä, joiden vaikutusta ei voida tarkasti määrittää kerätystä tietomateriaalista. Vaikka näiden tekijöiden vaikutukset sisältyvät kerätyihin tietoihin, ei niitä voida eritellä, ja ne epäilemättä ovat syynä suureen osaan jäljellä olevista ennustettujen ja todellisten välityskykyjen palvelutasojen välisistä eroista.

Periaatteessa liikennevaloin varustettu liittymä muodostuu varsinaisesta liittymäalueesta (siitä ajoradan osasta, jota kummankin risteävän kadun ajoneuvovirta käyttää) sekä niistä teistä tai kauduista, joita pitkin ajoneuvot saapuvat liittymäalueelle ja poistuvat siltä. Liikennevaloja ja muita liikenteen ohjauslaitteita (esim. liikenne-merkit, ajokaistamerkinnot, kääntymiskiellot jne.) käytetään säännöstelemään liikennöimiseen vaikuttavia olosuhteita (liikenteen suuntaa, jakossuutta ja ajankohtaisuutta).

Liittymäalueelle saapuvien ajoneuvojen määrä riippuu huomattavan monesta eri tekijästä, joista jotkut ovat kiinteitä tai puolikiinteitä (kuten

Taulukko 6.1 LIITTYMÄN LIIKENTEENVÄLITYSKYKYYN JA PALVELUTASOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Fyysiset olosuhteet ja ajo-olosuhteet:
Tulohaaran leveys
Liikenteen yksi- tai kaksisuuntaisuus
Pysäköintiolosuhteet
Tarkasteltavasta alueesta riippuvat olosuhteet:
Kuormituskerroin
Huipputuntikerroin
Kaupunkiseudun väkiluku
Kaupunkiseudun sijainti
Liikenteen ominaisuudet:
Kääntyvät ajoneuvot
Kuorma-autot ja läpikulkuliikenteen linja-autot
Paikallisliikenteen linja-autot
Liikenteen ohjaus:
Liikennevalot
Tulokaistojen merkintä

liittymän geometria ja kiinteät liikenteen ohjauslaitteet), mutta joista toiset vaihtelevat kuvaten liittymää käyttävien ajoneuvojen ja jalankulkijoiden määrää. Tällaiset tekijät täytyy ottaa huomioon, jos lasketusta välityskyvyn tai palvelutason arvosta halutaan saada käyttökelpoinen. Tässä luvussa käsiteltävien tekijöiden yhteenvedo on esitetty taulukossa 6.1.

LIIKENNEVALOIN VARUSTETUN LIITTYMÄN LIIKENTEENVÄLITYSKYKYYN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tärkeimmät rakenteelliset olosuhteet ja ajo-olosuhteet

Tutkittavien katujen geometriset ominaisuudet ja rakenteelliset mitat, liikkuville ajoneuvoille varatun alueen osuus koko päällysteen leveydestä ja liikennöimistapa ovat katujen liittymien liikenteenvälityskykyyn vaikuttavia perustekijöitä. Tämän vuoksi tulohaaarojen leveyttä, pysäköintiolosuhteita ja liikennöimistapaa (yksi- tai kaksisuuntaisuus) käytetään liittymien perusolosuhteina, joista riippuen muut tekijät voidaan määrittää.

Tulohaaran leveys

Tulohaaran leveys (eikä niinkään ajokaistojen lukumäärä) on osoittautunut olevan merkitsevin tekijä tavallisen tulohaaran liikenteenvälityskykyä määritettäessä. Tulohaaran leveys vaihtelee luonnollisesti huomattavasti eri liittymistä, katujen leveydestä, ajoratamerkinnoista sekä muista liikenteen ohjauslaitteista riippuen. Joissakin tapauksissa tulohaaarojen leveyttä muunnellaan tarkoituksellisesti päivän eri aikoina, jolla ta-

valla pyritään käsittelemään liikenteen normaali tuntivaihtelu. Leveyden muutokset tapahtuvat toisinaan monimutkaisten eri ajokaistojen liikennettä ohjaavien liikennevalojen avulla, joskin useimmiten käytetään liikuteltavia liikenteen ohjaukskartioita tai tavanomaisia ajoratamerkintöjä ja liikennemerkkejä.

Liikennöitävien ajokaistojen lukumäärä voi täten käytännössä vaihdella joko liikenteen ohjauksesta riippuen tai yksinkertaisesti siitä syystä, että merkittyjä ajokaistoja ei huipputunteina aina noudateta, jos kadulla on tilaa useammille ajoneuvonoille kuin ajokaistoja on merkitty. Käytävissä olevat tiedot osoittavat, että periaatteessa sekä liittymän tulohaarojen liikenteenvälityskyky että niiden palvelutasojen välityskyky ovat suoraan verrannollisia tulohaaran leveyteen kohtuullisen hajonnan puitteissa. Tämän vuoksi tekstissä myöhemmin esitetyt laskentamenetelmät perustuvat tulohaaran leveyteen eikä tulohaaran ajokaistojen lukumäärään.

Edellisellä ei kuitenkaan pyritä väittämään, etteivät merkityt ajokaistat vaikuta liittymän liikenteenvälityskykyyn. Jos tulohaaran käyttö on tehotonta kaistamerkintöjen puutteesta johtuen, saattavat ajoratamerkinnät osoittautua hyvinkin hyödyllisiksi. Tätä seikkaa käsitellään yksityiskohtaisemmin liikenteenohjausmenetelmien yhteydessä.

Tässä yhteydessä on tarpeen huomauttaa, että tulohaaran leveytenä ei enää voida pitää yksinkertaisesti puolta reunakivestä reunakiveen mitatusta kadun leveydestä, kuten tehtiin aikaisempia menetelmiä käytettäessä. Kadun matemaattisesta keskilinjasta poikkeavat keskiviivat ovat nykyisin varsin yleisiä, mistä johtuen on tunnettava liittymään saapuvan liikenteen käyttöön tarkoitettun ajoradan todellinen leveys ja käytettävä sitä laskelmissa.

Pysäköintiolosuhteet

Tulohaaran pysäköintisäännöksiä voidaan hyvin pitää liikenteenohjaustoimenpiteinä, koska ne tavallisesti osoitetaan liikennemerkein, joiden noudattamista poliisi valvoo. Koska tulohaarassa tai sen lähellä esiintyvät pysäköintiolosuhteet vaikuttavat kuitenkin varsin merkittävästi koko liittymän välityskykyyn, on pysäköityjen ajoneuvojen esiintyminen tai puuttuminen katsottu sellaiseksi perustekijäksi, joka on otettava huomioon ennenkuin muita tekijöitä määritetään. Pysäköinnin poistaminen lisää liikenteenvälityskykyä huomattavasti. Jos pysäköinnin kieltämistä (tai sallimista) harkitaan tulohaaran joko yhdellä tai molemmilla puolilla, tulisi liikenteenvälityskyky määrittää molempia olosuhteita varten.

Tässä yhteydessä on toistettava jo aikaisemmin esitetty näkökohta: pysäköity ajoneuvo vähentää ajoradan leveyttä keskimäärin huomattavasti enemmän kuin vaatimansa fyysisen tilan verran. Ohitavien ajoneuvojen varovaisuus, joka johtuu pysäköityjen ajoneuvojen äkkinäisten liikkeitten tai mahdollisesti auton avautuvien ovien pelosta, aiheuttaa sen, että pysäköity ajoneuvo vähentää ajoradan tehollista leveyttä keskimäärin 3.6-4.2 m. Jos tulohaara on leveä ja liittymän kuormituskerroin alhainen, saattaa tällainen pysäköityjen ajoneuvojen väistäminen alentaa ajoradan tehollista leveyttä jopa yli 6.0 m. Toisessa ääritapauksessa, kun tulohaara on kapea ja kuormitus niin korkea, että ajotoiminnoille on hyvin vähän tilaa, saattaa pysäköityjen autojen aiheuttama leveyden väheneminen olla vain hieman niiden vaatimaa tilaa suurempi. Kuorma-autot luonnollisesti vaativat suuremman tilan fyysisestikin.

"Pysäköinti kielletty"-olosuhteet on määritelty tässä teoksessa siten, että tulohaaralla ei esiinny pysäköimistä tai pysähtymistä paitsi satunnaista matkustajan poistumista tai mukaan ottamista varten. "Pysäköinti sallittu"-olosuhteet tarkoittavat, että tulosuunnan reunakiven vieressä on seisovia ajoneuvoja joko niin, että ajaja on ajoneuvossa tai ilman ajajaa. Välityskyvyn kannalta on merkittävintä pysäköityjen ajoneuvojen esiintyminen tai puuttuminen eivätkä merkityt pysäköintimääräykset.

Kun laskelmissa on annettu "pysäköinti kielletty"-olosuhteet, ei sen tarvitse merkitä sitä, että pysäköinti on kielletty koko korttelin pituudella, vaan se osoittaa, että pysäköinti ei ole sallittua niin lähellä liittymää, että se vaikuttaisi tulohaaran ajo-olosuhteisiin. Yksityiskohtaisten pysäköintikieltoalueen pituuden määrittämisperusteiden laatimisyritykset vuosien 1955 - 1956 tutkimusten perusteella ovat osoittautuneet suurelta osin epäonnistuneiksi.

"Nyrkkisääntönä" voidaan esittää, että jos tulosuunnalla pysäköinti on sallittu 75 metriä lähempänä liittymää, kuuluu se ryhmään "pysäköinti sallittu". Säännöstä esiintyy kuitenkin useita poikkeuksia. Jos esim. kadulla eri liittymien liikennevalojen vaiheistus on keskenään koordinoimaton ja kadun osuus vihreästä ajasta on pieni, voi korttelin keskiosalla sallia pysäköinnin jopa verraten lähellä liittymää tulosuunnassa, ja kuitenkin katu voi välittää sen liikennemäärän, jonka pieni vihreän ajan osuus päästää liittymästä läpi. Jos kadulla on täysin koordinoitu liikennevalojärjestelmä, ei pysäköintiä voida sallia lainkaan koko korttelin pituudella, jos olosuhteiden halutaan vastaavan "pysäköinti kielletty"-tilannetta, koska ajoneuvoryhmien tasainen kulku valojen läpi edellyttää kadun leveyden säilyvän samana.

Yksi- ja kaksisuuntainen liikenne

Yksi- ja kaksisuuntaisten tulohaarojen toiminnassa on ilmeisestikin huomattavia eroja, jotka ilmenevät liikenteenvälityskyvystä ja palvelutasojen välityskyvystä. Yksisuuntaisella tulohaaralla voidaan esim. vasempaan kääntyminen tehdä helpommin, koska vastaantuleva liikenne ei häiritse kääntymistä. Jos myös poikittaiskadut ovat yksisuuntaisia, alenee liittymien törmäyspisteiden määrä vielä enemmän. Kummassakin tapauksessa sallittujen ajosuuntien väheneminen alentaa myös jalankulkijoiden ja ajoneuvojen välisten törmäyspisteiden määrää. Yksisuuntaisella kadulla liikennevalojen progressiivisuus on myös helpommin toteutettavissa.

Edellä kuvatuista eroista johtuen on liikenteenvälityskyvyn määrittämismenetelmät esitetty tässä kirjassa erikseen yksi- ja kaksisuuntaisille tulohaaroille, joiden korjauskertoimet myös poikkeavat toisistaan.

Useimmissa tapauksissa laskentamenetelmät osoittavat, että tietyn levyisen tulohaaran välityskyky on jonkin verran korkeampi yksisuuntaisella kuin kaksisuuntaisella kadulla, mikä johtuu liikennöimisvastusten alenemisesta. Huomattakoon, että tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkaansa. Tästä johtuen ei ole järkevää tehdä yleistyksiä yksityisten tulohaarojen yksi- tai kaksisuuntaisen toiminnan suhteellisesta tehokkuudesta, ellei oteta huomioon koko sitä järjestelmää, jonka osa tulohaara on. Erityisesti tulee välttää yksisuuntaisten tulohaarojen kuvaajien vertaamista kaksisuuntaisten kuvaajiin sellaisenaan. Tulohaarojen suhteellista tehokkuutta käsitellään yksityiskohtaisesti luvussa 10 kaupunkialueiden pääkatujen yhteydessä.

Ympäristöolosuhteet

Ympäristöolosuhteista johtuvat tekijät kuvaavat sellaisia liikennevirrassa ilmeneviä liikennekysynnän piirteitä, joita ei voida helposti muuttaa liittymän rakennetta tai liikenteenohjauslaitteita muuntamalla. Tällaisia tekijöitä ovat esim. kuormituskerroin, huipputuntikerroin, kaupunkiseudun väkiluku ja liittymän sijainti kaupunkialueella.

Mikään em. tekijöistä johtuvista kertoimista viimeistä lukuunottamatta, ei sisältynyt aikaisempiin laskentamenetelmiin. Itse asiassa nämä uudet kertoimet yhdessä korvaavat ns. "kaupunkikertoimet", joita liikenneinsinöörien aikaisempia keskimääräisiä kuvaajia käyttäessään usein oli sovellettava. Nämä kertoimet myös selittävät, miksi tällaisia "kaupunkikertoimia" aikaisemmin tarvittiin.

Kuormituskerroin

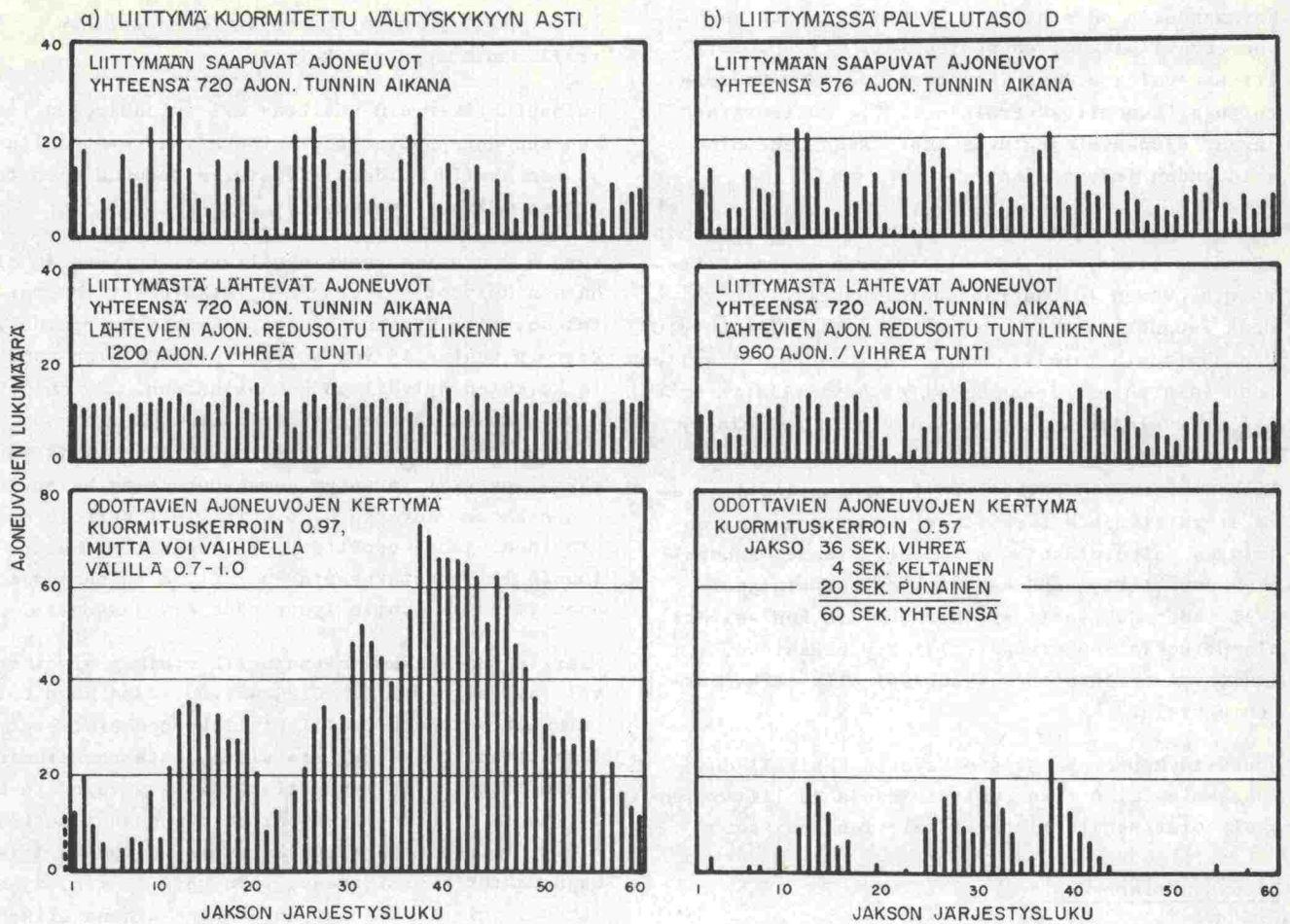
Termiä "kuormitettu jakso" tai oikeastaan "kuormitettu vaihe" käytetään verraten usein kuvattaessa tietyn liittymän tulohaaran käyttöastetta. Tietyn tulohaaran vihreän vaiheen voidaan katsoa olevan "kuormitettu", kun seuraavat ehdot toteutuvat:

- 1) kaikilla ajokaistoilla on ajoneuvoja valmiina ajamaan liittymäalueelle valon muuttuessa vihreäksi,
- 2) ajoneuvoja riittää kaikilla ajokaistoilla koko vaiheen ajan siten, ettei yhtään vihreätä aikaa jää käyttämättä eivätkä ajoneuvojen matkavälit pitene liikenteen puutteen takia, mikä saattaa johtua joko liikennetarpeen alenemisesta (kuten usein on laita vaiheen lopussa) tai liittymästä ylävirtaan esiintyneistä vastustekijöistä. Kuormitetun vihreän vaiheen loppuminen pakottaa tavallisesti jotkut ajoneuvot pysähtymään, mutta täydellisessä progressiivisessa liikennevalojärjestelmässä ajoneuvoryhmän viimeisetkin ajoneuvot voivat päästä liittymän läpi valojen juuri vaihtuessa.

Vaiheen määrittäminen kuormitetuksi ei edellytä, että ajoneuvot liikkuvat koko vaiheen ajan, vaan ainoastaan, että ajoneuvoja on valmiina ajamaan liittymäalueelle ja että mahdolliset pysähtymiset aiheutuvat tutkittavan liittymän olosuhteista eikä muualla esiintyvistä tekijöistä. Jos esim. liittymän vasemman ajokaistan ajoneuvoista yksikään ei liiku koko vihreän vaiheen aikana, koska ensimmäinen auto haluaisi kääntyä vasempaan, mutta vastakkaiseen suuntaan ajavan liikenteen takia ei voi sitä tehdä, voidaan vaiheen katsoa olevan kuormitetun, jos muut kuormitusta koskevat kriteerit ovat voimassa. Jos toisaalta liikenne ei voi liikkua sen takia, että seuraava liittymä on tukkeutunut tutkittavaan liittymään asti, ei tutkittavaa liittymää voida katsoa kuormitetuksi. Liittymä on tällöin pikemminkin ruuhkautunut, ja siitä saatavat liikennevirtatiedot olisivat täysin merkityksettömiä.

Kuormituskertoimella mitataan liittymän tulohaaran käyttöastetta huippuliikenteen yhden tunnin aikana. Kuormituskerroin on täysin kuormitetujen vihreiden liikennevalovaiheiden lukumäärän suhde kaikkien vastaavan ajanjakson vihreiden vaiheiden lukumäärään (tavallisesti huipputunnin aikana). Kerroin mittaa myöskin kyseisen tulohaaran palvelutasoa, kuten myöhemmin esitetään. Normaalin liittymän kuormituskerroin voi vaihella välillä 0.0 - 1.0.

Kuormituskertoimen arvo 0.0 vastaa tilannetta, jossa yksikään jakso ko. tunnin aikana ei ole kuormitettu. Täten kerroin kuvaa erittäin hyviä



Kuva 6.1.

Liikenteen kulku maaseudulla sijaitsevassa liittymässä, joka a) on kuormitettu välityskykyyn asti ja b) toimii palvelutasolla D.

ajo-olosuhteita, jotka vaihtelevat hyvin alhaisesta ajoneuvomäärästä sellaisiin olosuhteisiin asti, joissa useimmat vihreät vaiheet ovat melkein täysin kuormitettuja.

Kuormituskertoimen arvo 0.2 edustaa vielä useimmiten hyviä ajo-olosuhteita. Se kuvaa tilannetta, jossa n. 20 % vaiheista on täysin käytetty, mutta jäljellä olevissa jaksoissa liittymä toimii alhaisemmillä liikennemäärillä.

Kuormituskertoimen arvo 0.4 kuvaa verraten korkeiden liikennemäärien olosuhteita, joista saatava seurauksena huomattavia viivästyksiä joillekin tulohaaraa käyttäville ajoneuvoille. Arvoa 0.4 korkeammat kuormituskertoimet osoittavat vastaavasti täysin kuormitettujen vaiheiden korkeampia prosenttiosuuksia. Tällaiset olosuhteet eivät yleensä esiinny erillisissä muista riippumattomissa liittymissä. Progressiivinen liikennevalojärjestelmä voi kuitenkin välittää korkeita liikennemääriä kuormituskertoimen ollessa korkea, jos progressiivisuus toimii tarkasti ja se on ajoitettu liikennetarvetta vastaavaksi. Tästä huolimatta kuormituskertoimen arvo 1.00 on hyvin harvinainen korkeillakin liikennemäärillä jopa parhaiden olosuhteiden vallitessa liikennevirran normaaleista vaihteluista johtuen. Vuos-

sien 1955 - 1956 tutkimuksissa ilmoitetut kuormituskertoimen arvot 1.00 osoittivat useimmiten tarkemmin tutkittaessa, että liittymästä alavirtaan esiintyneestä ruuhkasta johtuva liittymän tukkeutuminen oli virheellisesti tulkittu tädeksi kuormitukseksi.

Kuvassa 6.1 on esitetty kuormituskertoimen ja liikenteen todennäköisen viivästyksen keskimääräiset riippuvuussuhteet yksikaistaisella erillisen liittymän tulohaaralla. Kuvasta 6.1a ilmenee liikennekysynnän tyypillinen vaihtelu, joka yleensä estää kuormituskertoimen arvon 1.00 saavuttamisen tasaisen korkeillakin liikennemäärillä jopa keskimääräisen liikennetarpeen ollessa pitkähkön ajanjakson aikana välityskykyä suurempi, josta johtuen liikennevirta jonoutuu. Jopa tällaisissa varsin huonoissa olosuhteissa, joissa monet ajoneuvot joutuvat odottamaan useita liikennevalojaksoja ennen kuin ne pääsevät liittymästä läpi, esiintyy koko tunnin aikana usein lyhyitä ajanjaksoja, jolloin olosuhteet ovat vähemmän kriittiset. Esimerkiksi kuvan osoittamassa tapauksessa kaikki odottavat ajoneuvot pääsevät liittymän läpi kahden jakson aikana huipputunnin alkupuolella, jolloin liikennetarve vasta on alkanut kasvaa.

Kuvassa 6.1b on osoitettu liikennetarpeen vähäisen (20 %) alenemisen seuraukset. Yli puolet liikennevalojen jaksoista ovat edelleen kuormitettuja (kuormituskerroin = 0.57), mutta vain harvat ajoneuvot joutuvat odottamaan kauemmin kuin yhden jakson ajan.

On korostettava, että tähän asti on käsitelty vain määrätyn liittymän yhden tulohaaran kuormituskerrointa. Yhden tulohaaran kuormituskerrointa voidaan luonnollisesti helposti muuttaa liikennevalojen ajoitusta tarkistamalla. Käytännössä ei kuitenkaan vain yhtä tulohaaraa voida käsitellä yksinään. Liikennevalojen toiminnan tulee olla sellainen, että molempien liittymässä risteävien katujen liikennetarvetta palvellaan tasapainoisesti. Tämä ei välttämättä tarkoita sitä, että molempien katujen palvelutasojen tulee olla sama. Kahden pääkadun liittymässä samanlaiset palvelutasot ovat todennäköisesti suotavia, mutta kun selvästi alempiluokkainen sivukatu liittyy pääkatuun, saattavat erilaiset palvelutasot olla tarkoituksenmukaisia.

Kuormituskerrointa ja sen käyttöä käsitellään laajemmin tämän luvun palvelutasoja ja liittymien analysointimenetelmiä käsittelevissä osissa.

Huipputuntikerroin

Tietyn liittymähaaran kuormitus riippuu läheisesti liikenteelle tietyllä kadulla aiheutuvista viivästyksistä ja täten matka-ajasta. Hetkellisen liikennemäärän pienikin aleneminen vähentää matka-aikoja usein merkittävästi, koska jonoutuminen vähenee. Tällaiset seikat ovat erityisen tärkeitä paikoissa, joissa yksityisten katujen liikennetarve vaihtelee huomattavasti sekä huipputunnin että vuorokauden eri aikoina.

Nykyisen liikennesuunnittelukäytännön mukaan ei yleensä riitä tieto siitä, että liikenteenvälityskyky on riittävä liittymän koko huipputunnin kokonaisliikennemäärälle. Huipputunnin sisäinen liikennetarpeen vaihtelu saattaa aiheuttaa lyhytaikaisia saapuvien ajoneuvojen huippuja, jotka ovat huomattavasti keskimääräistä arvoa korkeampia. Tällainen tilanne on esitetty kuvassa 6.1a. Jotta voidaan varmistua siitä, että tunnin eri aikoina ei muodostu pitkiä jonoja huolimatta siitä, että koko tunnille laskettua liikenteenvälityskykyä ei ylitetäkään, on tällaiset seikat otettava huomioon. Tässä käsikirjassa on liittymätarkasteluissa liikenteen huippujen huomioon ottamiseksi käytetty vilkkaimman 15 min. liikennemäärää lyhytaikaisena huippuarvona.

Huipputuntikerroin mittaa liikennetarpeen tasaisuutta. Liittymiä käsiteltäessä se määritellään koko huipputunnin aikana saapuvien ajoneuvojen lukumäärän suhteeksi raskaimmin kuormitetun 15 peräkkäisen minuutin ajanjakson aikana saapuneiden ajoneuvojen nelinkertaiseen lukumäärän. Kul-

lekin liittymän tulohaaralle on laskettava erillinen huipputuntikerroin.

Huipputuntikerroin osoittaa eri tulohaarojen liikenteen huippuuntumisominaisuuksien vaihteluita ja sen avulla voidaan arvostella tulohaarojen toimintaa verraten tarkasti.

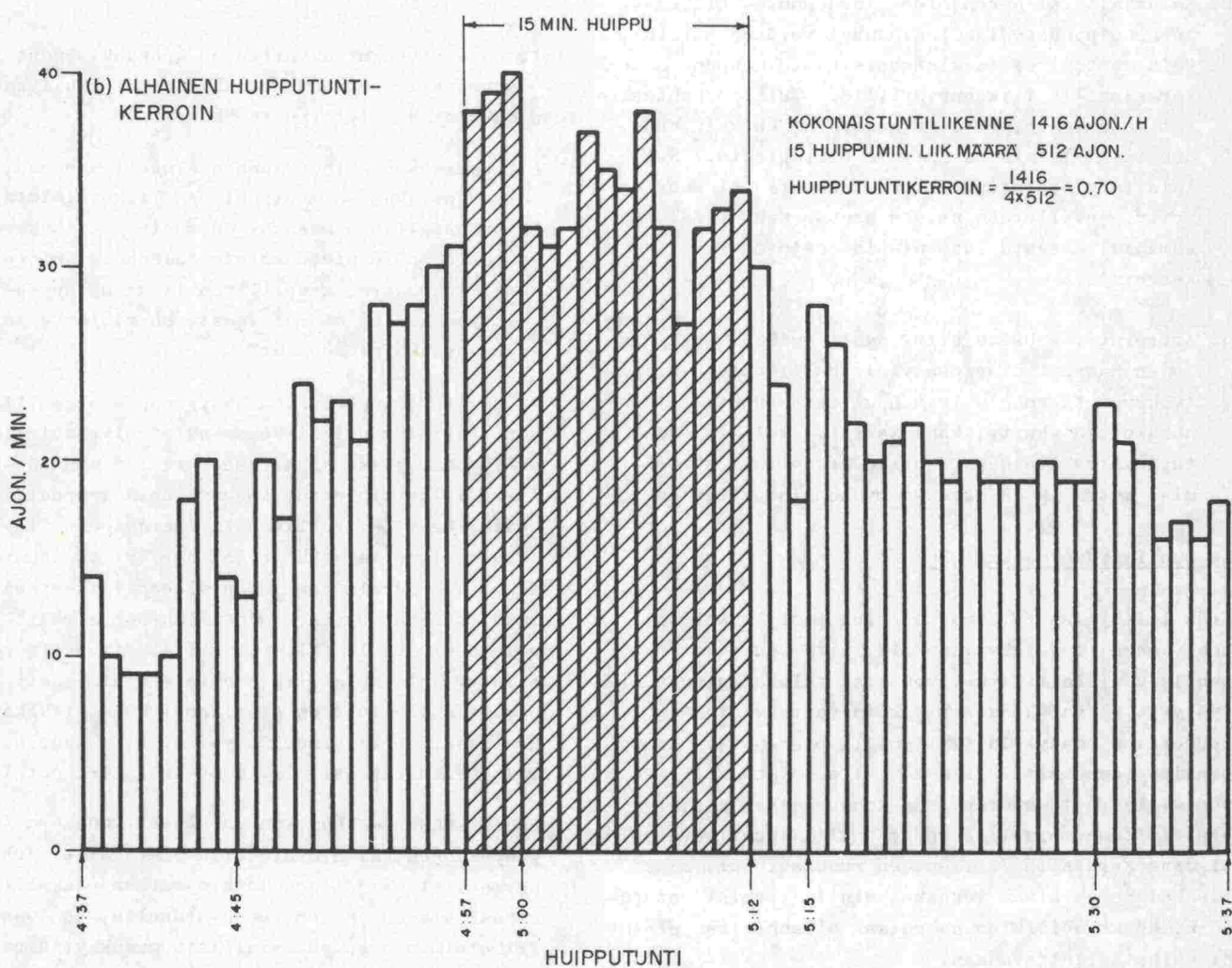
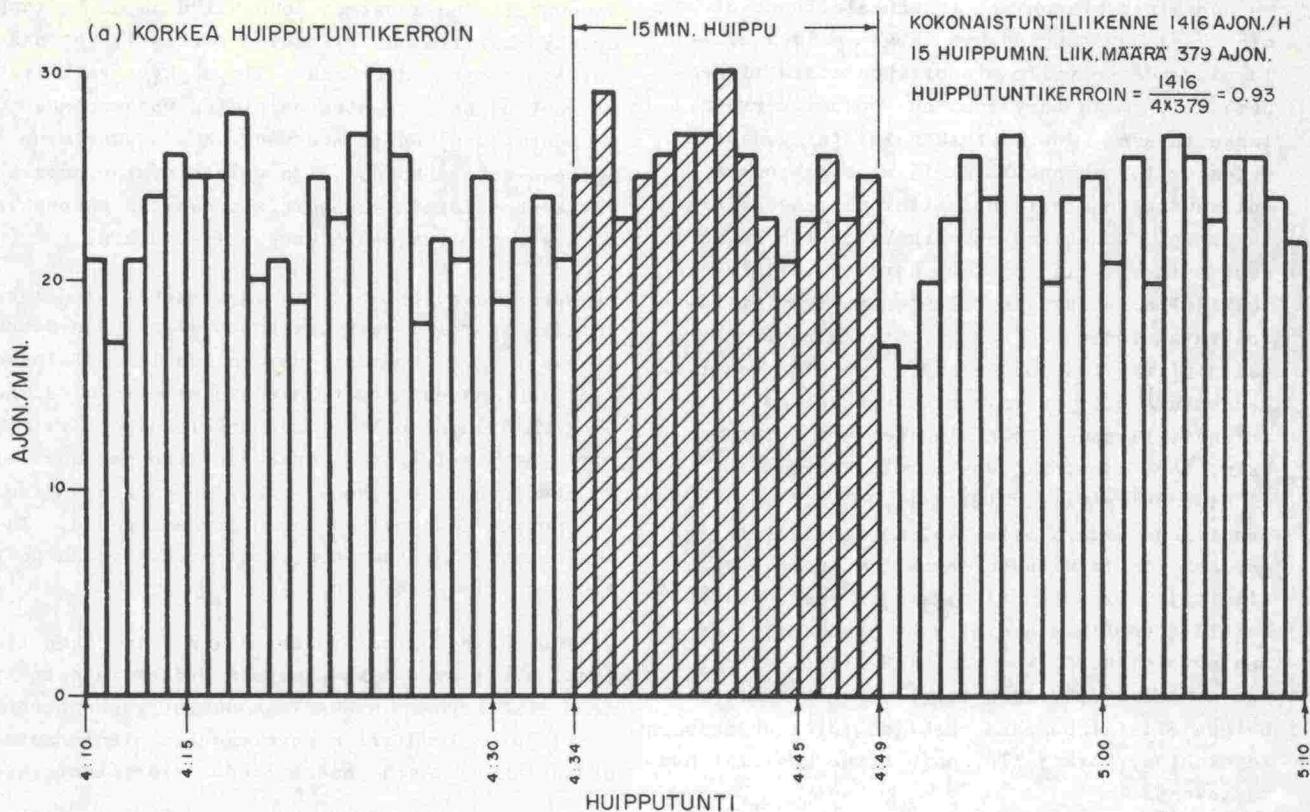
Kuva 6.2 osoittaa havainnollisesti korkean ja alhaisen huipputuntikerroimen vaikutukset. Huomat- takoon, että kummassakin tapauksessa huipputuntikerroin vastaa 15 varjostetun pylvään alan suhdetta kaikkien pylväitten kokonaisalaan. Kuvan 6.2a osoittamassa tapauksessa huipputuntikerroin on korkea, mikä osoittaa, että hetkelliset liikennemäärät pysyvät verraten samansuuruisina huipputunnin aikana. Kuvassa 6.2b huipputuntikerroin on alhainen, ja se osoittaa, että suuri osa huipputunnin liikennetarpeesta kuormittaa tulohaaroja huomattavasti tuntia lyhyempänä ajanjaksona.

Määritelmän mukaan huipputuntikerroimen arvot voivat vaihdella välillä 0.25 - 1.00. Jos koko huipputunnin aikana hetkelliset liikennemäärät ovat täsmälleen samansuuruisia siten, että raskaimmin kuormitettuna 15 minuuttina välittyy vain 1/4 koko tunnin liikennemäärästä, on huipputuntikerroin 1.00. Toisessa ääritapauksessa koko tunnin liikennemäärän kuormittaessa vain yhtä 15 min. ajanjaksoa, jolloin huipputunnin muuna aikana liikennettä ei esiinny ollenkaan saa huipputuntikerroin arvon 0.25. Jälkimmäinen tapaus on luonnollisesti varsin epätodennäköinen paitsi mahdollisesti jollakin erityisalueella johtavalla tiellä, jolla ajoneuvot liikennöivät hetkellisesti vain tietyssä yhdessä tarkoituksessa.

Alhaisin vuosien 1955-1956 aikana tehdyissä tutkimuksissa havaittu huipputuntikerroin oli 0.47. Kyseisessä tutkimuskohteessa yli puolet tunnin liikennemäärästä esiintyi 15 raskaimmin kuormitetun minuutin aikana. Yleisimmin huipputuntikerroin sai arvoja 0.85 - 0.90, jotka esiintyivät 28 prosentilla tutkituista tulohaaroista. Noin 5 prosentilla tulohaaroista kerroin vaihteli välillä 0.95 - 1.00, ts. niissä liikennemäärät pysyivät lähes saman suuruisina koko tunnin ajan.

Huipputuntikerroin voidaan määrittää seuraavilla menetelmillä:

1. Kenttähavainnot tutkimuskohteessa. - Jos tietyn jo rakennetun liittymän toiminta pyritään selvittämään yksityiskohtaisesti, voidaan liikenteen huippuuntumisominaisuudet mitata normaali- en tutkimusten yhteydessä. Tutkimusmenetelmillä on kerättävä verraten yksityiskohtaisia tietoja, joista selviää liikennemäärät ja liittymän toiminta liikennevalojaksoittain. Tiedot voidaan kerätä käyttämällä laskentahenkilökuntaa, joka merkitsee havaitut ajoneuvot muistiin, valokuvausmenetelmiä tai erilaisia sähköisiä laskijoita.



Kuva 6.2.

Tulohaaran hetkelliset liikennemäärät, kun a) huipputuntierroin on korkea, ja b) huipputuntierroin on alhainen.

Tavanomaiset mekaaniset laskentalaitteet eivät ole tässä käyttökelpoisia, koska niiden avulla ei saada selville minuuttikohtaisia liikennemääriä, jotka tarvitaan huipputuntikerrointa laskettaessa. Jos käytetään laitteita, jotka tulostavat liikennemäärät 15 min. jaksoissa, voi seurauksena olla huomattavan virheellisiä tuloksia. Oletetaan esimerkiksi, että kuvassa 6,2b esitetyt tiedot olisi kerätty tällaisella laskijalla. Laskijan tulosten analysointi osoittaisi todennäköisesti, että huipputunti esiintyi välillä 16.45 - 17.45 ja että sen liikennemäärä oli jonkin verran kuvassa esitettyä kokonaisliikennemäärää alhaisempi (oletetaan esim. 1400 ajon./h), Raskaimmin kuormitettu 15 min. esiintyisi välillä 17.00 - 17.15, ja sen liikennemäärä olisi 467 ajoneuvoa (oletetaan laskijan tarkkuuden samaksi kuin kuvassa esitettyjen minuutin ajanjaksojen laskennan). Näillä arvoilla saataisiin huipputuntikertoimen arvoksi 0.75, kun taas todellinen kertoimen arvo on 0.70. Jos todellinen liikenteen huippu olisi lähempänä laskijan tulostusjaksojen rajakohtaa, laskijalla saatu virhe kasvaisi huomattavasti.

2. Samankaltaisten kohteiden laskennat - Liikenteen huippuuntumisominaisuudet voidaan mitata vain muutamissa tarkistuspisteissä kaupungin tärkeimmillä liikenneväylillä. Tutkimuskohteet valitaan siten, että ne edustavat kaikkia kaupungissa yleensä esiintyviä olosuhteita. Sellaisiin pisteisiin, joissa laskentaa ei suoritettu, sovelletaan niiden kanssa mahdollisimman samankaltaisesta laskentapistestä määritettyä kerrointa.
3. Arviointi. - Usein erityisesti tutkittaessa laajojen kaupunkialueiden yleistä liikenteenvälityskyvyn tasoa ei ole mahdollista tutkia liikennehuippuja yksityiskohtaisesti. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää arvioituja kertomia, kuten tässä luvussa myöhemmin esitetään.

Kaupunkiseudun asukasluku

Eräs liittymien tutkimustulosten analysoinnissa tehty merkittävä havainto oli, että suurilla kaupunkiseuduilla tietyn tyyppisten tulohaarojen välityskyvyt olivat korkeampia kuin vastaavanlaisen geometrian omaavilla liittymillä pienehköiden kaupunkien samankaltaisilla alueilla. Tämä selittyy sillä, että suuremmissa kaupungeissa ajajat ovat tottuneempia liikennöimään liikennetiheyden ollessa korkea tai liikenteen ruuhkautunut, minkä lisäksi he pyrkivät innokkaammin liittymistä eteenpäin, koska heillä on huonoissa olosuhteissa pitempi matka kuljettavanaan.

Kaupunkiseudun koon vaikutusta on vaikea määrittää erillisenä, koska monet ensisijaiset muuttajat, esim. huipputuntikerroin, myös riippuvat

kaupunkiseudun koosta. Koon vaikutus on kuitenkin kyetty määrittämään riittävän tarkasti, jotta se voidaan käsitellä eräänä välityskykyyn vaikuttavana muuttujana laskentamenetelmien yhteydessä. Kaupunkiseudut on jaettu yhdeksään asukasluvun mukaiseen kokoryhmään, jotka vaihtelevat pienistä yksikeskuksisista kaupungeista useiden kaupunkien muodostamiin laajoihin kaupunkiseutuihin.

On huomattava, että liittymiä koskevat tiedot kerättiin suurelta osin eri kaupunkiseutujen keskuksissa tai välittömästi niiden lähellä. Tuloksena saatujen laskentamenetelmien soveltaminen esikaupunkimaisiin satelliittikaupunkeihin edellyttää, että ensin selvitetään onko edullisempaa käsitellä kyseinen alue itsenäisenä pienenä kaupunkina vai suuren kaupunkikeskuksen reuna-alueena. Tämän seikan määrittäminen saattaa edellyttää paikallisia tutkimuksia.

Vaikka maaseutualueilta kerättiin vain vähän tietoja, sisältävät tässä luvussa myöhemmin esitetyt menetelmät myös maaseutuja koskevat laskentaperusteet, jotka laadittiin soveltamalla pienimmästä asukaslukuryhmästä saadut tiedot maaseutuoloihin.

Kohteen sijainti kaupunkiseudulla

Tietojen analysointia varten on kaupunkiseudut jaettu seuraaviin neljään maankäytön tai kehityksen mukaan määritettyyn luokkaan.

1. Liikekeskusta. - Yhdyskunnan alueellinen osa, jossa voimakas ja monipuolinen liiketoiminta on pääasiallinen maankäytön muoto. Liikekeskustalle on luonteenomaista jalankulkijoiden suuri lukumäärä, kaupallinen liikenne, pysäköintipaikkojen määrällisesti suuri tarve ja suuri pysäköintien määrä.
2. Keskustan reuna-alue. - Yhdyskunnan alueellinen, välittömästi liikekeskustan ulkopuolella oleva osa, jossa sijaitsee verraten monipuolista liiketoimintaa, kuten pieniä kauppaliikkeitä, kevyttä teollisuutta, varastoalueita, autohuoltamoita sekä joitakin tiiviitä asuntoalueita. Suurin osa tämän alueen liikenteestä muodostuu matkoista, joiden lähtö- ja määräpaikka eivät ole tällä alueella. Alueella esiintyy jalankulkuliikennettä kohtalaisesti ja pysäköintien luku on alhaisempi kuin liikekeskustassa, mutta alueella voi sijaita suuria, liikekeskustaa palvelevia pysäköintirakenteita.
3. Lähiökeskus. - Yhdyskunnan alueellinen osa tai yhdyskunnan vaikutusalueella oleva alue, joka normaalisti sijaitsee jonkin matkan päässä liikekeskustasta ja sen reuna-alueelta, ja jossa liiketoiminta on pääasiallisin maankäyttömuoto. Tällaisella alueella esiintyy sekä omaa sisäistä liikennettä että liikekeskustaan suuntautuvaa tai sieltä poistuvaa läpikulkuliikennettä. Pysäköintipaikkatarve ja pysäköintien lukumäärä

on verraten korkea, ja jalankulkuliikennettä esiintyy kohtalaisesti. Tiiviitä, kadusta erotettuja ostoskeskuksia, jotka ovat kokonaan väylän yhdellä puolella, ei pidetä lähiökeskukseksi.

4. Asuntoalue. - Yhdyskunnan alueellinen osa tai sen vaikutusalueella oleva alue, jossa asuminen on merkittävin maankäyttömuoto, joskin alueella saattaa olla vähäistä liiketoimintaa. Vähäinen jalankulkuliikenne ja pysäköintien alhainen lukumäärä ovat tyypillisiä asuntoalueille.

Vaikka vuosien 1955-1956 tutkimusten aikana kerätyt tiedot sisälsivät varsin vähän tietoja, jotka koskivat nykyaikaisia, yksinomaan tietyn tien yhdellä puolella sijaitsevia ostoskeskuksia, tai kaupunkien reuna-alueilla liittymän yhdessä neljänneksessä sijaitsevia ostoskeskuksia, voidaan olettaa, että niitä palvelevat tiet kuuluvat asuntoalueiden ryhmään, jos ostoskeskukseen pääsy tapahtuu erillistä tietä pitkin eivätkä liikeyritykset varsinaisesti sijaitse päätien varrella.

Kerätyt tiedot osoittavat, että:

1. Yksisuuntaisten katujen tulohaaroilla, joilla pysäköinti on kielletty, liikenteenvälityskyky on noin 10 % korkeampi keskustan reuna-alueella ja lähiökeskuksissa kuin liikekeskustassa. Asuntoalueilla sijaitsevista tällaisista kaduista ei ole käytettävissä tietoja, koska näillä alueilla kadut vain harvoin ovat yksisuuntaisia, mutta on arvioitu, että 20 % korkeampia arvoja voitaisiin soveltaa.
2. Yksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu yhdellä puolella, tulohaarojen liikenteenvälityskyky on yhtä suuri liikekeskustassa ja keskustan reuna-alueella. Asuntoalueella tällaiset tiet välittivät suunnilleen 20 % korkeamman liikennemäärän kuin liikekeskustassa tai keskustan reuna-alueella. Lähiökeskuksista ei tällaisia olosuhteita koskevia tietoja ole käytettävissä, mutta on arvioitu että niissäkin 20 % liikekeskustan liikennemääriä korkeammat arvot olisivat soveltamiskelpoisia.
3. Yksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu molemmilla puolilla, tulohaarojen liikenteenvälityskyky on n. 15 % korkeampi lähiökeskuksissa kuin liikekeskustassa tai keskustan reuna-alueella. Asuntoalueella arvot ovat n. 25 % korkeampia kuin liikekeskustassa.
4. Kaksisuuntaisilla kaduilla pysäköinnistä riippumatta tulohaarojen liikenteenvälityskyky on kaikilla muilla aluetyypeillä n. 25 % korkeampi kuin liikekeskustassa.

Liikekeskustassa esiintyvä alhaisempi liikenteenvälityskyky johtuu monista eri syistä. Eräitä merkittävimpiä syitä ovat a) matkustajia ottavien tai jättävien ajoneuvojen (sekä linja-autojen että henkilöautojen) korkea esiintymistiheys, b) jalankulkijoiden ajoneuvoliikenteelle aiheuttama häiriö, c) monia kääntymisiä edellyttävä "kiertelevä" liikennevirta, d) lyhytaikaisia pysähdyksiä tekevien jakeluajoneuvojen suuri lukumäärä ja e) kadunvarsipysäköintien suuri määrä silloin, kun pysäköinti on sallittu.

Liikenteen peruspiirteet

Liittymän tulohaaran, kuten muidenkin tien osien, liikenteenvälityskyky riippuu välitettävän liikenteen ominaisuuksista. Näitä ovat mm. kääntyvän liikenteen määrä, kaupallisten ajoneuvojen osuus liikennevirrasta ja paikallinen linja-autoliikenne.

Kääntyvät ajoneuvot

Kääntyvät ajoneuvot ovat lähinnä liikenteen ominaisuus, joka on kuitenkin riippuvainen ympäristöstä, ja joita voidaan myös säännöstellä, kuten usein tehdään. Yksittäisissä liittymissä voidaan tietyt kääntymissuunnat kokonaan kieltää, tai niitä voidaan käsitellä muilla liikennetekniikan keinoilla, jotta kyseisen kohdan välityskyky kasvaisi. Kuten luvussa 10 esitetään, saattaa kuitenkin tietyn liittymän kannalta hyvä ratkaisu olla tehoton, kun tarkastellaan katuverkkoa kokonaisuudessaan.

Kääntyvillä ajoneuvoilla ja muilla ajoneuvojen ja jalankulkijoiden liikkeillä liittymäalueella on voimakas keskinäinen vuorovaikutus, josta suurinta osaa ei vielä ole yksityiskohtaisesti tutkittu. Tästä syystä ei vielä voida esittää tarkkoja kääntyvien ajoneuvojen vaikutuksia koskevia laskentamenetelmiä. Seuraavassa luettelossa on esitetty joitakin ilmeisimpiä kääntyvistä ajoneuvoista johtuvia seurauksia. Myöhemmin tässä luvussa laskentamenetelmien yhteydessä esitetyt korjauskertoimet on laadittu osittain näiden peruspiirteiden kehityshavaintojen ja raja-arvojen perusteella.

Vasempaan kääntyvistä ajoneuvoista voidaan todeta seuraavia seikkoja:

1. Kahden peräkkäisen kääntyvän ajoneuvon vaikutus tulohaaran välityskykyyn on ajoneuvoa kohti pienempi kuin yksittäisten ajoneuvojen kääntymässä vasempaan verraten pitkin väliajoin. Tästä seuraa, että mitä suurempi vasempaan kääntyvien ajoneuvojen lukumäärä on, sitä pienempi on ajoneuvokohtainen vaikutus.
2. Kaksisuuntaisilla kaduilla vasempaan kääntyvien ajoneuvojen vaikutus riippuu vastakkaisen suunnan liikennemäärästä.

3. Vasempaan kääntyvien ajoneuvojen vaikutus riippuu risteävistä jalankulkijamääristä erityisesti sillä suojatiellä, jonka yli ajoneuvo kääntymisen jälkeen ajaa.
4. Vasempaan kääntymistä odottava ajoneuvo vähentää liikenteenvälityskykyä suhteellisesti enemmän kapealla kadulla kuin leveällä kadulla tai sellaisella kadulla, jossa keskikaistalle tai liikennesaarekkeeseen on sijoitettu ryhmittymiskaista.
5. Risteävän kadun leveys vaikuttaa kääntyvien ajoneuvojen nopeuteen ja lukumäärään (ts. leveällä poikittaiskadulla on enemmän kääntyviä ajoneuvoja vastaanottavaa tilaa ja sillä kääntymissäde on suurempi, joten ajonopeus voi olla korkeampi).

Vasempaan kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamia ongelmia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon tutkitavan liittymän erityisolosuhteet. Esimerkiksi vasempaan kääntyville ajoneuvoille varattu erillinen liikennevalovaihe saattaa osoittautua tehokkaaksi, jos kääntyviä ajoneuvoja on paljon. Kääntyville ajoneuvoille osoitettu "ennakkovihreä" tai "jälkivihreä" vaiheosa saattaa olla edullinen ratkaisu, koska sen avulla kääntyminen voi osittain tapahtua vastakkaissuuntaisen liikenteen häiritsemättä. Kanavoinnilla muodostetut vasemmanpuoleiset ryhmittymiskaistat erottavat vasemmalle kääntyvän liikenteen ja lisäävät suoraan ajavien ajoneuvojen liikkumisvapautta riippumatta siitä onko liittymässä liikennevalot vai ei. Vasempaan kääntymisen kokonaan kieltäminen saattaa osoittautua tarkoituksenmukaiseksi joidenkin liittymien kriittisillä suunnilla, jos vasemmalle pyrkivä liikenne voidaan ohjata sopivaa vaihtoehtoista reittiä pitkin.

Tässä käsikirjassa esitetyt laskentamenetelmät käsittelevät vasempaan kääntyvien ajoneuvojen vaikutusta liikenteenvälityskykyyn seuraavissa tapauksissa:

- a) vasempaan kääntyvälle liikenteelle ei ole varattu erillistä ryhmittymiskaistaa tai liikennevalovaihetta, b) erillinen ryhmittymiskaista on varattu, mutta ei erillistä liikennevalovaihetta, c) erillinen liikennevalovaihe on osoitettu, mutta ei erillistä ryhmittymiskaistaa ja d) sekä erillinen ryhmittymiskaista että erillinen liikennevalovaihe on varattu vasempaan kääntyvälle liikenteelle. Vaikka näillä menetelmillä voidaan määrittää vasempaan kääntyvien ajoneuvojen vaikutus, antavat ne kuitenkin vain likimääräisiä tuloksia.

Oikealle kääntyvät ajoneuvot vaikuttavat myös liittymän välityskykyyn vaihtelevassa määrin tutkitavan liittymän olosuhteista riippuen. Vaikka vastakkaissuuntainen liikenne ei tällaisessa tilanteessa vaikuta, ovat muut kääntyvien ajoneuvojen vaikutukset hyvin samanlaisia kuin vasempaan kääntymis-

tyvillä, ja seuraavat pääkohdat voidaan esittää:

1. Kahden tai useamman peräkkäisen ajoneuvon ajoneuvokohtainen vaikutus on pienempi kuin niiden saapuessa liittymään erikseen.
2. Jalankulkuliikenne vaikuttaa oikealle kääntyvien ajoneuvojen liikkumiseen erityisesti sillä suojatiellä, jonka ajoneuvo kääntymisen jälkeen ylittää. Toisinaan jalankulkijat vaikuttavat enemmän oikealle kuin vasemmalle kääntyviin ajoneuvoihin, koska oikeanpuoleisella suojatiellä suurehko jalankulkijamäärä usein lähtee ylittämään katua samanaikaisesti kun ajoneuvo kääntyy.
3. Oikealle kääntyvä ajoneuvo vähentää liikenteenvälityskykyä kapealla kadulla suhteellisesti enemmän kuin leveällä kadulla.
4. Poikittaiskadun leveyden vaikutus vaihtelee huomattavasti. Kapea poikittaiskatu saattaa vaikuttaa enemmän oikealle kuin vasemmalle kääntyviin ajoneuvoihin, mikä johtuu lyhyemmästä kääntymissäteestä. Jos taas jalankulkijoista johtuvat häiriöt ovat vähäisiä, ja jalkakäytävän reunuksen kaarresäde on riittävä, tai jos oikealle kääntyminen sallitaan jatkuvasti⁽¹⁾, on joissakin tutkimuksissa liikenteenvälityskyvyn todettu kasvavan oikealle kääntyvien ajoneuvojen lukumäärän kasvaessa erityisesti jos poikittaiskatu on leveä ja kääntyvät ajoneuvot pääsevät liittymän läpi nopeammin kuin suoraan ajavat ajoneuvot.

T-liittymät muodostavat erikoistapauksen. Tällaisessa liittymässä molemmat mahdolliset ajosuunnat edellyttävät kääntymistä ja liittymää käsiteltäessä raskaammin kuormitettu kääntymissuunta käsitellään tavallisesti samoin kuin suoraan ajavat ajoneuvot, ellei kääntymiskulma ole hyvin jyrkkä tai jalankulkijoiden häiriö huomattavan suuri.

Kuorma-autot ja pitkämatkaiset linja-autot

Kuorma-autojen mukanaolo liikennevirrassa vähentää yleensä liittymän tulohaarojen välityskykyä, koska näiden autojen kiihdytysominaisuudet ovat huonompia ja ne käyttävät sekä pituus- että leveys suunnassa enemmän tilaa kuin henkilöautot. Kuorma-auton vaikutuksen määrä vaihtelee huomattavasti riippuen ajoneuvotyypistä, sen paino/tehosuhteesta ja erityisesti sen koosta ja kääntymisominaisuuksista. Yksityiskohtaisia tutkimuksia on kuitenkin suoritettu vähän näiden tekijöiden yksittäisvaikutusten selvittämiseksi. Tästä johtuen myöhemmin tässä luvussa esitettävät laskentamenetelmät osoittavat likimääräiset kaikkia näitä ajoneuvoja koskevat korjauskertoimet.

(1) Joissakin Yhdysvaltojen osavaltioissa on liittymässä oikealle kääntyminen sallittu punaisenkin liikennevalon aikana. (Suom. huom.)

Liikenteenvälityskyvyn kannalta on jakeluautot ja kevyet kuorma-autot, joissa on vain neljä rengasta, käsitelty samalla tavoin kuin henkilöautot, koska niiden suorituskyky on varsin samanlainen. Kaikki muut kuorma-autot tavallisista kuusirenkaisista kuorma-autoista suurimpiin yhdistelmiin asti sekä pitkämatkaisen liikenteen ja paikallisen pikaliikenteen linja-autot on käsitelty yhtenä ryhmänä. Henkilöautoekvivalenteja ei käytetä liittymän liikenteenvälityskykyä laskettaessa, vaan siinä sovelletaan korjauskertoimia. Yhden kuorma-auton voidaan katsoa kuitenkin vastaavan vähintään kahden henkilöauton sellaisissakin liittymissä, joissa olosuhteet ovat parhaat mahdolliset.

Jos liittymäolosuhteet ovat huomattavasti keskimääräistä huonompia, kuten esimerkiksi silloin, kun suurien ja raskaiden kuorma-autojen osuus on korkea tai jos monet kuorma-autot joutuvat kääntymään kapeille poikittaiskaduille, on nämä erityisolosuhteet otettava huomioon paikallisten havaintojen perusteella.

Paikallisliikenteen linja-autot

Kaupunkialueilla liikennöivien paikallisliikenteen linja-autojen vaikutus on varsin erilainen kuin pitkämatkaisen liikenteen linja-autojen, jotka käsitellään samoin kuin kuorma-autot. Paikallisliikenteen linja-autojen määrällinen vaikutus liikenteenvälityskykyyn on esitetty tässä luvussa, ja luvussa 11 on paikallisliikenteen ominaisuuksia käsitelty yleisemmin.

Paikallisliikenteen linja-autot, jotka pysähtyvät usein sekä ottamaan että jättämään matkustajia, vaikuttavat jonkin määrätyn liittymän välityskykyyn kaupunkialueen koosta, katujen leveydestä, pysäköintiolosuhteista, linja-autojen lukumäärästä ja linja-autopysäkin sijainnista riippuen. Linja-autopysäkkien sijainti voidaan ryhmitellä seuraavaan kolmeen luokkaan:

1. Ennen liittymää olevat pysäkit, jotka sijaitsevat liittymän tulohaaralla ennen varsinaista liittymäaluetta. Jos linja-autojen määrä on verraten suuri, alentavat tällaiset linja-autopysäkit liittymän välityskykyä enemmän kuin liittymän jälkeen sijaitsevat pysäkit. Pysäkki häiritsee sekä oikealle kääntyviä että suoraan ajavia ajoneuvoja sellaisilla tulohaaroilla, joilla pysäköinti on kielletty. Pysäkki voi kuitenkin olla edullinen julkisen liikenteen toiminnan kannalta, koska siinä yhdistyy punaisista liikennevaloista aiheutuva viivästys matkustajien ottamisesta tai jättämisestä aiheutuvan viivästyksen kanssa, jolloin julkisen liikenteen toiminta kokonaisuudessaan saattaa nopeutua. Tällä tavoin mahdollisesti saavutettu etu riippuu siitä, saapuvatko linja-autot liittymään säännöllisesti punaisen liikennevalovaiheen alussa. Tutkimalla yksityiskohtaisesti linja-autojen saapumisaikoja punaisesta tai

vihreästä liikennevalovaiheesta riippuen voidaan selvittää, onko pysäkin sijoittaminen ennen liittymää tarkoituksenmukaista.

Jos pysäköinti on tulohaaralla sallittu, vaihtelee ennen liittymää sijaitsevan linja-autopysäkin vaikutus huomattavasti ja riippuu jonkin verran siitä, kuinka pitkälti ennen liittymää pysäköinti olisi kiellettävä ellei linja-autopysäkkiä olisi. Jos pysäköinti muussa tapauksessa voitaisiin sallia liittymän lähelle asti, linja-autopysäkki lisää liittymän liikenteenvälityskykyä erityisesti oikealle kääntyvien ajoneuvojen osalta silloin, kun linja-autoa ei ole pysäkillä.

Jos poikittaiskatu on yksisuuntainen ja tarkasteltavalta kadulta katsoen poikittaiskatua liikennöidään oikealta vasemmalle, tulisi linja-autopysäkin tavallisesti sijaita ennen liittymää, jolloin se häiritsee vähimmin kääntyviä ajoneuvoja.

Edellä esitetyn tyyppisestä linja-autopysäkeistä johtuvat korjauskertoimet esitetään myöhemmin tässä luvussa.

2. Liittymän jälkeen olevat pysäkit sijaitsevat välittömästi varsinaisen liittymäalueen jälkeen tarkasteltavaa tulohaaraa seuraavalla lähelähaaralla. Tällaiset linja-autopysäkit alentavat tulohaaran liikenteenvälityskykyä vain vähän sellaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu. Välityskyvyn aleneminen johtuu pääasiassa takaisin ajokaistoille pyrkivien linja-autojen aiheuttamasta häiriöstä, eikä niinkään paljon linja-auton matkustajien ottamisen aikana tarvitsemasta tilasta.

Jos pysäköinti tarkasteltavalla kadulla on kielletty, riippuu linja-autopysäkin vaikutus osittain kääntyvän liikenteen määrästä. Joissakin tapauksissa, kun leveillä kaduilla kääntyvä liikennemäärä on korkea, saattaa kääntymisestä johtuva suoraan menevän liikennemäärän aleneminen korvata linja-autopysäkeistä johtuvan välityskyvyn alenemisen. Jos esimerkiksi sekä tulo- että lähtöhaara ovat kolmikaistaisia, ja vasempaan ja oikeaan kääntyvien ajoneuvojen yhteismäärä on yli $1/3$ tulohaaran koko liikennemäärästä, vaikuttaa liittymän jälkeinen linja-autopysäkki todennäköisesti vain vähän tulohaaran liikenteenvälityskykyyn, koska kaksi vaapaata ajokaistaa pystyvät välittämään suoraan menevät ajoneuvot riittävän hyvin.

Myös tämäntyyppistä linja-autopysäkkiä koskevat korjauskertoimet on esitetty myöhemmin tässä luvussa.

3. Keskellä korttelia sijaitsevat linja-autopysäkit, joita käytetään, jos kadun koko leveys tarvitaan liittymän lähellä muun ajoneuvoliikenteen käyttöön ja silloin kun linja-autojen täytyy kää-

tyä vasempaan pysäkiltä lähdön jälkeen sekä lisäksi joissakin erityistapauksissa.

Tällaisen linja-autopysäkin vaikutus liikenteenvälityskykyyn riippuu jokaisen yksittäisen tapauksen olosuhteista vaihdellen vähäisestä (jos pysäkki on riittävän pitkä ja sijaitsee sellaisessa korttelissa, jossa pysäköinti on sallittu eikä linja-auto joudu suorittamaan epätavallisia ajoliikkeitä) huomattavaan vaikutukseen asti (jos linja-auto pysäkiltä lähtiessään joutuu tekemään vaikeita ajoliikkeitä). Yleisiä korjausmenetelmiä ei voida esittää, mutta liittymää ennen tai sen jälkeen sijaitsevia pysäkkejä koskevia laskentamenetelmiä voidaan usein muuntaa tällaisiin olosuhteisiin sopiviksi.

Edellä esitettyjen kolmen linja-autopysäkkityypin lisäksi esiintyy muita erityisratkaisuja, kuten esimerkiksi keskellä katua sijaitsevia pysäkkikorokkeita, joita varten yleisiä laskentamenetelmiä ei ole esitetty. Paikalliset tutkimukset ovat välttämättömiä tällaisissa tapauksissa.

Linja-autopysäkestä johtuva liittymän liikenteenvälityskyvyn aleneminen ei riipu ainoastaan pysäkin sijainnista, vaan myös pysäkkiä huipputunnin aikana käyttävien linja-autojen lukumäärästä, kuhunkin linja-autoon nousevien tai siitä poistuvien matkustajien lukumäärästä sekä matkustajien näihin toimenpiteisiin käyttämän ajan pituudesta. On ilmeistä, että tiheästi liikennöity linja-autoreitti alentaa liikenteenvälityskykyä huomattavasti enemmän kuin sellainen reitti, jolla liikennöi ainoastaan yksi tai kaksi linja-autoa tunnissa. Yhtä ilmeistä ei sen sijaan ole, että ennen liittymää sijaitseva linja-autopysäkki saattaa sellaisella kadulla, jolla pysäköinti on sallittu, joissakin tapauksissa lisätä liikenteenvälityskykyä "pysäköinti sallittu"-olosuhteita vastaavia normaaliarvoja korkeammiksi. Luvussa 11 on käsitelty linja-autopysäkkien käyttöön liittyviä seikkoja yksityiskohtaisesti.

Linja-autopysäkkeihin sovellettavia korjauskeinoja ja niiden laskentamenetelmiä käsitellään myöhemmin tässä luvussa.

Liikenteen ohjaus

Useita liikenteen ohjauksesta johtuvia välityskykyyn vaikuttavia tekijöitä on jo edellä käsitelty. Tällaisia olivat esimerkiksi pysäköintisäännökset, kääntymissäännökset ja yksisuuntaiset kadut. Seuraavassa tekstiosassa käsitellään muita liikenteen ohjaustoimenpiteitä, jotka vaikuttavat liittymien välityskykyyn.

Liikennevalot

Tavalliset liikennevalot säännöstelevät liikennettä osoittamalla joko vihreätä (ajo sallittu), keltaista (pysähdyttävä mikäli mahdollista) tai pu-

naista (seis) valoa kullakin tulosuunnalla. Yksinkertaisimmassa tapauksessa sama liikennevalopaste koskee kaikkia tulohaaran ajoneuvoja yhtä aikaa, minkä lisäksi liikennevalojen vaihteistus on kiinteä eikä kyseinen valo ole kytketty muihin liikennevaloihin. Monimutkaisissa tapauksissa ohjataan jokaista tulohaaran erillistä ajosuuntaa eri opasteilla, ja kunkin opasteen ajoitus saattaa vaihdella, minkä lisäksi kyseinen liikennevalo on kytketty yhteen kadun muiden liikennevalojen kanssa.

Tässä käsikirjassa ei ole tarkoitus käsitellä liikennevalojen vaihteistusta tai vaiheiden ohjauslaitteita pitempään, koska näitä seikkoja on käsitelty yksityiskohtaisesti esimerkiksi kirjallisuusluettelon viitteissä⁽³⁾ ("Manual on Uniform Traffic Control Devices") ja⁽⁴⁾ ("Traffic Engineering Handbook"). Joitakin liikennevaloista johtuvia liikenteenvälityskykyyn ja palvelutasoihin kohdistuvia vaikutuksia käsitellään kuitenkin lyhyesti.

Käytännöllisesti katsoen kaikki liikennevalot vaihteistuksesta tai ohjauksesta riippumatta osoittavat ajoittain punaista valoa, jolloin tietyt liikennöimissuunnat joutuvat pysähtymään. Tällaiset punaiset vaiheet luonnollisesti vähentävät tunnissa välitettävää liikennemäärää suunnilleen samassa suhteessa kuin niiden osuus on kokonaisajasta.

Edellisestä johtuen ei todelliseen tunnin ajanjaksoon perustuvaa dimensiota "ajoneuvoa/tunti" voida käyttää liikennevaloin ohjatun liittymän liikennemäärästä puhuttaessa. Yleensä käytetään dimensiona "ajoneuvoa/vihreä tunti", jolla voidaan suurelta osin eliminoida eri tulosuunnille osoitettujen vihreiden vaiheiden pituuksien vaihtelu.

Liikennevalo vaikuttaa tietyn tulohaaran liikenteenvälityskykyyn (ilmaistuna ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti) pääasiassa riippuen siitä, kuinka paljon se pysäyttää liikkeellä olevia ajoneuvoja. Ääritapauksessa voidaan olettaa, että kaikkien lähestyvien ajoneuvojen on pysähdyttävä ennenkuin ne pääsevät liittymästä läpi (kuten voi tapahtua erillisessä, yhteen kytkemättömin liikennevaloin varustetussa liittymässä), jolloin redusoitu liikennemäärä voi vain harvoin olla suurempi kuin 1500 ajon./vihreä tunti. Toisessa ääritapauksessa, jolloin liikkuvat ajoneuvot eivät joudu ollenkaan pysähtymään (kuten voi tapahtua täysin koodinoidussa progressiivisessa liikennevalojärjestelmässä), redusoitu tuntiliikennemäärä voi olla 2000 ajon./vihreä tunti. Todellista tunnin ajanjaksoa kohti lasketut liikennemäärät ovat tietysti vastaavasti pienemmät kummassakin tapauksessa.

Palvelutasoa tarkasteltaessa tulevat liikenteen viivästykset merkitseviksi. Erillinen liikennevalo, jonka välityskyky on kaikkien tulohaarojen huippuliikenteelle riittävä, saattaa kuitenkin välittää eri tulohaarojen alhaisempia liikennemää-

riä huomattavasti erilaisilla palvelutasoilla. Risteävien katujen suhteellisesta tärkeydestä riippuu, onko erilainen palvelutaso niillä toivottava. Vastaavasti liikennevaloin varustetuilla peräkkäisillä liittymillä voi yhdessä olla varsin huono palvelutaso, jos niiden toimintaa ei ole koordinoitu, riippumatta siitä, että ne erillisinä valoina omaavat riittävän välityskyvyn. Koordinoinnin puute aiheuttaa liikenteelle tällöin lyhyin väliajoin toistuvia pysähdyksiä.

Edellisten näkökohtien perusteella todetaan, että sekä erillisten liikennevalojen että koordinoitujen järjestelmän valojen ohjausta ja vaiheistusta on tarkasteltava huolellisesti.

Liikennevalojen ohjaus = Liikennevalojen ohjaukseen käytetään varsin erilaisia laitteita, joiden monimutkaisuus riippuu liikennevalojen käyttötarkoituksesta. Ohjauslaitteina käytetään mm. a) etukäteen ajoitettua ohjauslaitetta, jossa kiinteät liikennevalovaiheet on määritetty ennalta lasketun aikataulun perusteella (Tällaisia aikatauluja ei yleensä ole kolmea enempää, yksi ohjaa aamuhuipun, yksi iltahuipun ja yksi muun ajan); ja b) liikenneohjattuja liikennevalolaitteita, joissa valovaiheet vaihtelevat ajoneuvoilmaisimien osoittaman ajoneuvo- tai jalankulkuliikennetarpeen mukaan.

Liikenneohjatut laitteet jakautuvat periaatteessa kahteen ryhmään: osittain liikenneohjattuihin laitteisiin, jolloin ajoneuvoilmaisimia käytetään yhdellä tai useammalla, mutta ei kaikilla tulohaaroilla sekä täysin liikenneohjattuihin laitteisiin, joissa ajoneuvoilmaisimia käytetään kaikilla tulohaaroilla. Käytettyjen ajoneuvoilmaisimien laatu vaihtelee suuresti. Yksinkertaisimmat laitteet ilmoittavat ainoastaan sen, onko tulohaaralla ajoneuvoja, kun taas monimutkaiset liikennemäärää tai liikennetiheyttä laskevat ilmaisimet havaitsevat joko tulohaaralla yleensä tai tulohaaran kulakin ajokaistalla olevat yksityiset ajoneuvot, varastoivat tiedot muistiin ja lähettävät niistä johtuvat käskyt.

Erillisen liikennevalon yhteydessä ohjauslaite ainoastaan jakaa käytettävissä olevan vihreän ajan risteäville teille niiden liikennetarpeen ja käytettävissä olevan tulohaaran leveyden mukaan. Viime aikoina on kuitenkin yhä useammin havaittu että liikennevaloja tulisi yhdistää ryhmiksi erityisesti kaupunkialueilla, jotta liikennevirta voitaisiin välittää yhtäjaksoisena eri pääkaduilla tai koko katuverkossa. Tällaisten yhdistettyjen liikennevalojen ohjauslaite on yksinkertaisessa tapauksessa vain muutaman valon huomioon otettava laskentalaitte ja monimutkaisessa tapauksessa koko kaupungin liikennevalojärjestelmää ohjaava tietokone.

Myöhemmin tässä luvussa esitettävät liikenteenvälityskyvyn laskentamenetelmät koskevat yksittäisiä

liikennevaloja teillä ja kaduilla, joilla eri liikennevalojen keskinäinen koordinointi vastaa normaalia tasoa. Laskentamenetelmien soveltaminen pitkäköihin katujaksoihin edellyttää, että otetaan huomioon sekä yksittäisten tulohaarojen välityskyky kyseisellä kadulla että koko kadun pituudella esiintyvä yleinen palvelutaso, mikä toisinaan edellyttää tehokkaan progression vaikutusten tutkimista (Progressio = liikennevalojen täsmällinen koordinointi siten, että liikenne etenee jatkuvasti liikkeellä olevina ajoneuvoryhminä, jotka liikkeelle lähdettyään eivät osu punaiseen valoon koko kadun pituudella). Näitä näkökohtia on käsitelty luvussa 10.

Liikennevalojen vaiheistus - Liikennevalojen ohjauslaitteeseen ohjelmoitu vaihekaavio vaikuttaa huomattavasti liittymän välittämien ajoneuvojen lukumäärään sekä tämän määrän jakautumiseen eri tulosuunnille tiettyä ajanjaksona. Vaikkakin myöhemmin tässä luvussa esitetyissä laskelmissa käytetään perussuurena tutkittavan tulohaaran vihreän ajan osuutta tunnin ajanjaksosta, vaikuttavat vaiheistuksen muutkin seikat välityskykyyn ja ne tulisi ottaa huomioon. Kokonaisajan tehokas hyväksikäyttö esimerkiksi soveltamalla samanaikaisia vaiheita mahdollisimman suuressa määrin voi lisätä yksityisillä ajosuunnilla käytettävissä olevaa aikaa merkittävästi, ja täten lisätä näiden ajosuuntien ja koko liittymän todellista välityskykyä, vaikka eri ajosuuntien välityskyky vihreätä tuntia kohti ei muuttuisi.

Liikennevalojen vaiheistuksessa on otettava huomioon mm. seuraavat tekijät:

1. Jakson pituus, eli kaikkien liittymän eri liikennevalovaiheiden kestoajojen summa. Jakson pituus perustuu koko liittymän toiminnan asettamiin vaatimuksiin. Yleisesti ottaen jakson tulisi olla niin lyhyt kuin mahdollista kuitenkin siten, että kaikki liittymän toiminnan edellyttämät yksittäiset vaiheet toimivat. Keskimääräiset normaaliaikana käytetyt jakson pituudet ovat yleensä 50-60 s. Jakson pituus voi vain harvoin olla alle 40 s. tai tietylle ajosuunnalle osoitetun vaiheen pituus alle 15 s. Yli 60 s pitkiä jaksoja voidaan toisinaan tarvita monimutkaisissa liittymissä, joissa useille eri ajosuunnille on osoitettu omat vaiheensa, tai jos huippuliikenteen kuormittamille tulohaaroille halutaan osoittaa pitemmät vihreät vaiheet, tai jos pyritään useiden liittymien samanaikaiseen toimintaan. Pitkät jaksot kuitenkin yleensä lisäävät liittymän aiheuttamaa kokonaisviivästystä (yleensä ne saavat aikaan pitkiä jonoja alempiarvoisilla poikittaiskaduilla), minkä lisäksi ne vaikeuttavat kääntymistä vasempaan vastakkaissuuntaisen liikenteen poikki vaiheiden lopussa, sekä vaikeuttavat jalankulkuliikenteen ohjausta jalankulkijoille aiheutuvien pitkien odotusaikojen vuoksi.

Edellisen mukaan saavutetaan periaatteessa suurin tehokkuus mahdollisimman lyhyillä jaksoilla. Käytännössä tämä lyhyinkin mahdollinen jakso voi olla verraten pitkä joissakin tapauksissa. Huipputunnin jaksojen pituudet ja käytettävissä olevan vihreän ajan jakaminen eritulosuunnille on tutkittava huolellisesti, jotta vihreän ajan käyttö olisi mahdollisimman tehokasta kaikilla tulosuunnilla.

2. Vihreän ajan ja jakson pituuden suhde (G/C-suhde) on tärkeä kerroin, jonka avulla välityskyky-laskelmissa muunnetaan vihreätä tuntia kohti lasketut ajoneuvomäärät todellisiksi tuntiliikennemääriksi. Aikaohjatuissa liikennevaloissa tämä suhde voidaan laskea helposti. Liikenneohjattuja valoja lukuunottamatta ei jakson pituus ja/tai vihreän ajan jakautuminen tavallisesti muutu huipputunnin aikana, joten kunkin vaiheen vihreä aika jaettuna jakson koko pituudella antaa suoraan ko. suhteen kullekin vaiheen aikana "vihreällä" oleville tulohaaroille.

Liikenneohjatuissa liikennevaloissa G/C-suhde ei ole kiinteä. Tällaisissa tapauksissa on liittymässä suoritettava kenttähavaintoja, tai ellei tämä ole mahdollista, tehtävä havaintoja sellaisessa liittymässä, jonka fyysiset sekä liikenne- ja liikenteenohjausolosuhteet ovat samanlaiset. Tällaisissa tutkimuksissa tulisi hankkia tiedot ainakin liikennemääristä, jaksojen pituuksista ja vihreiden vaiheiden pituudesta. Jos tällaisia kenttätutkimuksia ei voida suorittaa, voidaan G/C-suhteen kohtalaisen hyvä arvio määrittää liittymissä, joissa on täysin liikenneohjattu tai liikennemäärän ja -tiheyden laskijoilla varustettu liikennevalo. Tällöin jaetaan tutkittavan vaiheen aikainen keskimääräinen ajokaistaa kohti laskettu liikennemäärä liittymän kaikkien vaiheiden yhteenlasketulla keskimääräisellä ajokaistan liikennemäärällä ja muunnetaan tulokset siten, että niiden summa on 1.00, josta vähennetään keltaisten vaiheiden vaatima osuus. Alustavissa laskelmissa tämän osuuden oletetaan yleensä olevan 5 % jakson pituudesta keltaista vaihetta kohti. Koska kaikkien vaiheiden huipukuormitus ei esiinny tavallisesti samaan aikaan eivätkä vaiheet ole aina täysin kuormitettuja, ei voida olettaa, että liikenneohjatussa liittymässä jakson pituus olisi kiinteä edes korkeilla liikennemäärillä (ts. kaikki vaiheet olisivat maksimiarvonsa pituisia tai toimisivat samalla tavalla toisiinsa nähden jokaisen jakson aikana).

Osittain liikenneohjatut liittymät muodostavat erikoistapauksen. Koska laskijalaite ei mittaa kaikkien tulohaarojen liikennetarvetta, ei edellä kuvattu menettely ole käyttökelpoinen. G/C-suhteen arvioiminen edellyttää kyseisen kohteen erityispiirteiden huomioon ottamista,

jolloin esimerkiksi on määriteltävä lyhimmat ja pisimmät vihreät vaiheet.

3. Keltaista valoa käytetään vihreä-keltainen-punainen-järjestelmässä osoittamaan ajajille, että punainen (seis) vaihe on välittömästi tulossa⁽¹⁾. Nykyiset liikennesäännöt edellyttävät, että ajaja pysäyttää keltaisen vaiheen aikana eikä etene liittymäalueelle, ellei hän ole niin lähellä sitä että pysäyttäminen on mahdotonta. Laillisesti keltaisen vaiheen aikana liittymään ajaneelle ajoneuvolle on varattava riittävästi aikaa, jotta se pääsee poistumaan liittymäalueelta ennenkuin poikittaisliikenne lähtee liikkeelle. Nykyisen käsityksen mukaan saavutetaan turvallisin ja tehokkain liittymän toiminta siten, että keltaisen vaihe on kiinteästi 2-3 sekunnin pituinen kaikissa liittymissä riippumatta liittymäalueen tyhjenemiseen tarvittavasta ajasta. Ajoneuvojen liittymäalueelta poistumiseen mahdollisesti tarvitsema lisäaika tulisi osoittaa vaiheella, jossa kaikille tulohaaroille osoitetaan punaista valoa tavallisesti kahden tai kolmen sekunnin ajan välittömästi keltaisen vaiheen jälkeen. Keltaisten ja kaikille punaisten liikennevalovaiheiden kokonaisaika tulee pitää niin lyhyenä kuin mahdollista ottamalla kuitenkin huomioon liittymäalueen tyhjenemisen asettamat vaatimukset.

Keltaiset vaiheet eivät sisälly G/C-suhteen termiin G, koska laskentamenetelmien yhteydessä esitetyt kuvaajat määritettiin ainoastaan vihreän ajan perusteella. Käytännössä muutamat ajoneuvot kuitenkin ajavat liittymän läpi keltaisen vaiheen aikana. Saaduissa kenttätutkimustuloksissa ilmoitettiin kuitenkin kaikkien vaiheiden aikana liittymän läpi kulkeneiden ajoneuvojen todellinen lukumäärä riippumatta siitä, oliko opaste vihreä tai keltainen sekä riippumatta keltaisen vaiheen aikana tehtyjen ajoneuvojen laillisuudesta. Täten kuvaajat edustavat keskimääräisiä olosuhteita.

Tulohaaran ajokaistojen merkitseminen

Kuten aikaisemmin mainittiin, tulosuunnan kokonaisleveys pikemminkin kuin ajokaistojen lukumäärä tai niiden leveys on osoittautunut merkitsevimmäksi liikenteenvälityskykyyn vaikuttavaksi tekijäksi. Tästä huolimatta on havaittu tietty riippuvuus merkittyjen ajokaistojen lukumäärän ja liikenteenvälityskyvyn välillä.

Kuvassa 6.3 on esitetty erilevyisten tulohaarojen suhteelliset tehokkuudet (ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti) ajokaistojen lukumäärästä riippuen.

(1) Yhdysvalloissa on yleinen käytäntö, että liikennevalo vaihtuu punaisesta vihreäksi ilman keltaista valoa. (Suom.huom.)

Taulukko 6.2 ERILEVYISTEN TULOHAAROJEN AJOKAISTOJEN OPTIMILUKUMÄÄRÄ KAKSISUUNTAISILLA KADUILLA, JOILLA PYSÄKÖINTI ON KIELLETTY

TULOHAARAN LEVEYS m(ft)	AJOKAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ
- 5.1 (-17)	1
5.4- 7.5 (18-25)	2
7.8-11.7 (26-39)	3
12.0-16.5 (40-55)	4

Kuva 6.3a koskee kaksisuuntaisia katuja, joilla pysäköinti on kielletty, ja siitä nähdään, että eri leveyksillä optimiliikennemäärä saavutetaan taulukon 6.2 mukaisia kaistalukumääriä käyttäen.

Vastaavat seikat voidaan todeta kuvasta 6.3b kaksisuuntaisille kaduille, joilla pysäköinti on sallittu, ja kuvasta 6.3c yksisuuntaisille kaduille.

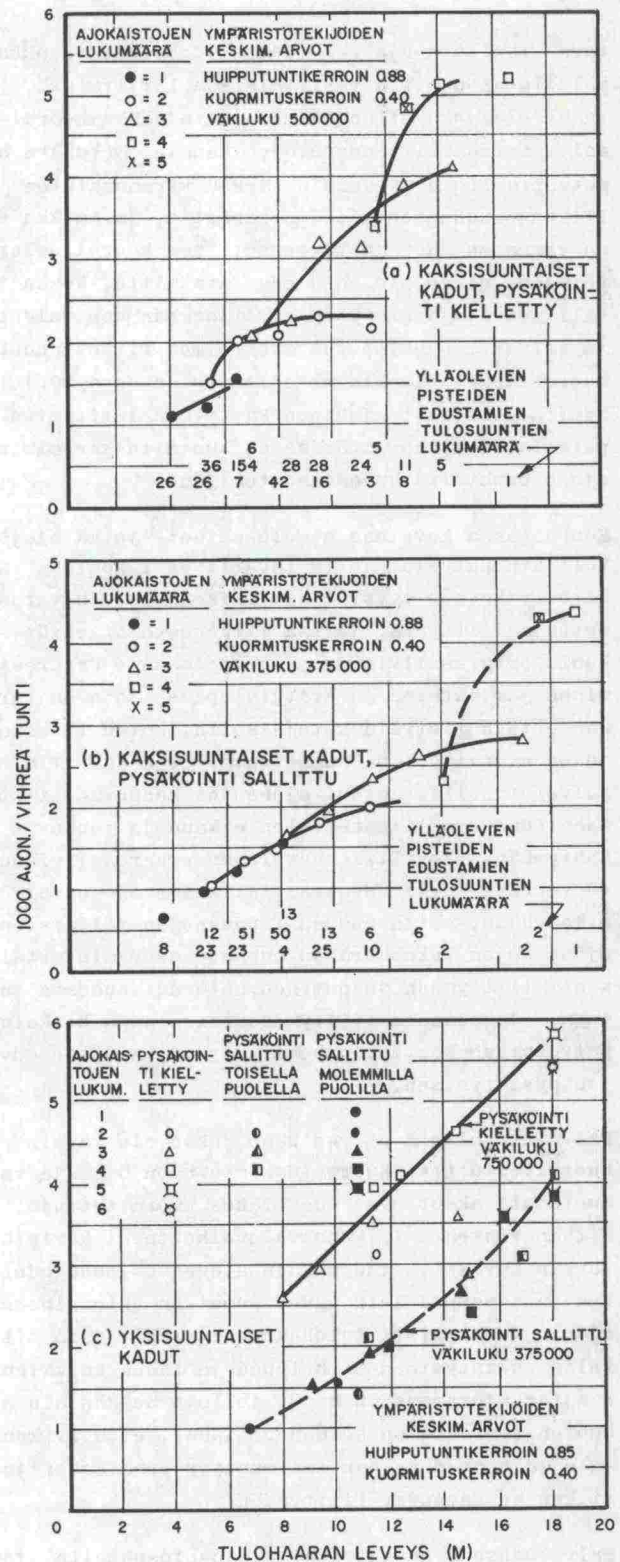
Kuva 6.3 ja taulukko 6.2 on esitetty ohjetietoina vuosien 1955-1956 tutkimusten perusteella. Niitä ei suoranaisesti käytetä liikenteenvälityskyvyn määrittämisessä, mutta ne osoittavat tietyn levyisen ajoradan tehokkaimman käyttötavan lasketun välityskyvyn saavuttamiseksi. Muut käytännön seikat, kuten esimerkiksi kuorma-autojen osuus liikennevirrasta, vaikuttavat myös asiaan. Yleensä katsotaan, että alle 3.0 metrin (10 ft) levyisiä ajokaistoja ei tule käyttää, jos kuorma- tai linja-autojen määrä on merkittävä.

LIITTYMÄN LIIKENTEENVÄLITYSKYKY, PALVELUTASOT JA NIIDEN VÄLITYSKYVYT

Kuten muillakin tien osilla, on myös tasoliittymän tulohaaralla tietty liikenteenvälityskyky, joka osoittaa välitettyjen ajoneuvojen maksimilukumäärän ko. geometrisilla ratkaisulla ja ympäristössä, kun liikenteen ominaisuudet ja ohjauslaitteet tunnetaan. Vastaavasti ajo-olosuhteet eivät tyydytä useimpia ajajia välityskyvyn tasolla, ja viivästykset ovat tulosuunnalla todennäköisiä.

Yksittäisissä liittymissä voidaan palvelutaso liikkimäärin kuvata. Koska palvelutaso kuitenkin määritelmän mukaan osoittaa ajo-ominaisuuksia pitämällä jaksolla, ovat tällaiset erillisissä liittymissä saatavat "pistemäiset" palvelutasot kiinnostavia vain paikalliselta kannalta. Kuten luvussa 10 esitetään, on tarkasteltava verraten pitkiä liikennevaloilla varustettuja katujaksoja, jotta merkitykselliset palvelutasot saadaan määritetyksi.

Vaikka useimmilla muilla tien osilla käytetään nopeutta palvelutason mittaamiseen, ei sen käyttö luonnollisesti ole mahdollista liittymissä, joissa tarkoituksellisesti saadaan aikaan liikenteen pysähdyksiä. Tämän vuoksi on jokin muu mittasuure



Kuva 6.3. Ajokaistojen lukumäärän vaikutus a) kaksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on kielletty b) kaksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu ja c) yksisuuntaisilla kaduilla.

tarpeen. Koska palvelutaso kuvaa ajajan tyytyväisyyttä ajo-olosuhteisiin, tulisi tällaisen korvaavan mitan olla sellainen, että ajaja havaitsee ja tulkitsee sen jonkinlaisena ruuhkautumisasteen mittana. Useista edellä käsitellyistä tekijöistä kuormituskerroin on todennäköisesti selvin käsite

tavalliselle ajajalle. Tämän vuoksi se on paras palvelutason mitta yksittäisissä liittymissä, joita ei ole joko ollenkaan tai vain vähän koordinoitu muiden liikennevalojen kanssa. (Vaikka huipputuntikerroin on varsin tärkeä viranomaisten ja liikennesuunnittelijoiden kannalta, ja vaikka se on verraten suoraan verrannollinen kuormitusker-toimeen, ei se ole yhtä edustava mitta, koska tavallinen ajaja ei pysty havaitsemaan sen vaikutusta selvästi. Huipputuntikertoimen riippuvuudet kuormituskertoimesta on esitetty luvussa 10.) Edellä esitetystä johtuen käytetään liittymien palvelutason määrittämisessä kuormituskerrointa ajo-olosuhteita kuvaavana tekijänä.

Seuraavassa kuvataan ne olosuhteet, jotka ajaja kullakin palvelutasolla tavallisesti kohtaa. Käsittely koskee tyypillisiä liikennevaloin varustettuja liittymiä, joissa liikennevalot eivät kuulu progressiiviseen järjestelmään. Progressiivinen järjestelmä on erityistapaus, jota on tarkasteltava tietyllä katujaksolla, kuten luvussa 10 on esitetty. On huomattava, että kaikilla palvelutasoilla jotkut ajoneuvot saapuvat liittymään punaisen liikennevalon aikana ja joutuvat pysähtymään. Jos liikennevalojen progressiivisuus on verraten hyvä, saattaa tällaisia ajoneuvoja olla vähän, mutta muussa tapauksessa tällaisten ajoneuvojen lukumäärä on huomattava yksinkertaisesti liittymään saapumisen satunnaisuudesta johtuen. Jokaisessa liittymässä siis jopa korkein palvelutaso saattaa aiheuttaa joidenkin ajoneuvojen pysähtymisen.

Palvelutasolla A ei yksikään jakso ole täysin kuormitettu (ts. kuormituskerroin on 0.0) ja vain muutamat jaksot ovat edes lähes kuormitettuja. Mitään vihreätä liikennevalovaihetta ei käytetä täysin hyväksi, eikä mikään ajoneuvo joudu odotamaan kauempaa kuin yhden punaisen valovaiheen ajan. Normaalisti tulohaara näyttää varsin tilavalta, kääntyminen on helppoa ja lähes kaikkien ajajien ajovapaus on hyvä, jolloin heidän ainoa huolen aiheensa on se mahdollisuus, että liikennevalo joko on punainen tai muuttuu punaiseksi juuri kun he saapuvat liittymään.

Palvelutaso B kuvaa vakaita ajo-olosuhteita, joissa kuormituskerroin on alle 0.1. Muutama liikennevalovaihe käytetään täysin hyväksi, ja monet vaiheet ovat lähes kuormitettuja. Useat ajajat tuntevat ajovapautensa jonkin verran rajoitetuksi joutuessaan ajamaan ajoneuvoryhmissä. Tavallisissa maaseutuolosuhteissa tämä palvelutaso on usein sopiva suunnittelun perustaksi.

Palvelutasolla C ajo-olosuhteet ovat edelleen vakaat. Kuormitetut vaiheet ovat edelleen satunnaisia, mutta niitä esiintyy useammin kuin edellisellä tasolla, ja kuormituskerroin vaihtelee välillä 0.1-0.3. Joskus ajajat voivat joutua odottamaan enemmän kuin yhden punaisen liikenne-

valovaiheen ajan, ja kääntyvien ajoneuvojen taakse voi muodostua jonoja. Useimmat ajajat tuntevat ajovapauttaan rajoitetun, mutta ajo-olosuhteet eivät vielä ole kovin huonot. Elleivät paikalliset olosuhteet edellytä muuta, voidaan tätä palvelutason tasoa tavallisesti käyttää kaupunkiseutujen suunnittelukäytäntönä.

Palvelutaso D käsittää ajo-olosuhteiden alueen, jolla ajovapaus yhä enemmän on rajoitettu ja rajatapauksessa lähestytään epävakaita olosuhteita kuormituskertoimen saadessa arvon 0.70. Joillakin tulohaaroilla ajoneuvoille voi aiheutua huomattavia viivästyskykyä ruuhka-ajan huippuliikenteen hetkinä, mutta vähemmän kuormitettuna aikoina on riittävästi vajaan kuormitettuja valojaksosia, joiden aikana muodostuneet jonot pääsevät purkautumaan, joten ylipitkiä jonoja ei synny.

Palvelutaso E vastaa liikenteenvälityskykyä. Tällä tasolla välittyy suurin ajoneuvomäärä, joka liittymän tietyn tulohaaran kautta voi kulkea. Vaikka teoreettisesti kuormituskerroin 1.0 vastaa liikenteenvälityskykyä, on käytännössä vain harvoin kaikki jaksot täysin kuormitettuja liikennetarpeesta riippumatta, elleivät tiellä esiintyvät vastukset ole hyvin pieniä. Käytännössä kuormituskerroin vaihtelee välillä 0.7-1.0. Ellei kuormituskerointa ole määritetty paikallisten havaintojen perusteella, voidaan arvoa 0.85 suositella erillisissä liittymissä käytettäväksi. Yhteen kytkettyjen liikennevalojen yhteydessä saattaa korkeampi kerroin olla tarkoituksenmukainen, kuten luvussa 10 esitetään. Liikenteenvälityskyvyn tasolla saattaa liittymästä ylävirtaan päin esiintyä pitkiä ajoneuvojonoja, ja viivästykset ovat suuria (jopa useiden liikennevalojaksojen pituisia).

Palvelutaso F kuvaa tukkeutuneita olosuhteita. Tutkittavasta liittymästä alavirtaan esiintyvät ajoneuvojonot tai poikittaiskadulla esiintyvät jonot saattavat rajoittaa tai estää tutkittavalla tulohaaralla olevien ajoneuvojen liikkumisen, mistä johtuen liikennemääriä ei voida määrittää. Kuormituskerointa ei voida laskea, koska ulkopuoliset olosuhteet estävät tulohaaran täyden hyväksikäytön.

Taulukossa 6.3 on esitetty yhteenveto liittymien palvelutasokriteereistä.

Vuosien 1955-1956 tutkimukset osoittivat, että liittymien tulohaaroilla keskimäärin esiintynyt kuormituskerroin oli noin 0.40 koko huipputunnille määritettynä, mikä arvo on lähellä palvelutason D alarajaa. Kun otetaan huomioon, että suurin osa tiedoista koottiin tutkittavien kaupunkien raskaimmin kuormitetuista tukkeutumattomista liittymistä, on ilmeistä, että 100-prosenttinen kuormitus esiintyy huomattavasti harvemmin kuin usein oletetaan. Täten voidaan siis päätellä,

Taulukko 6.3 ERILLISTEN LIITTYMIEN TULOSUUNTIEN
PALVELUTASOT JA PALVELUTASOJEN
VÄLITYSKYVYT

PALVELU- TASO	LIIKENNEVIRRAN LUONNE	KUORMITUS- KERROIN
A	Häiriytymätön liikennevirta	0.0
B	Vakaa liikennevirta	0.1
C	Vakaa liikennevirta	0.3
D	Liikennevirta lähellä epävakaata	0.7
E ^a	Epävakaata liikennevirta	1.0
F	Pakotettu liikennevirta	- ^b

^a Vastaa liikenteenvälityskykyä

^b Ei voida soveltaa ko. palvelutasoon.

että vaikka liittymän tulohaara saattaa näyttää voimakkaasti kuormitetulta joko ulkopuolisen havainnoijan tai säännöllisesti liittymän läpi lyhyen ruuhka-ajan kuluessa ajavien yksityisten ajajien mielestä, paljastuu yksityiskohtaisessa tutkimuksessa kuitenkin verraten paljon käyttämättömyyttä välityskykyä koko huipputunnin aikana tarkasteltuna.

Kuten muidenkin tien elementtien yhteydessä, voidaan huipputunnin sisäisten lyhyiden liikennehuippujen merkitys liittymien tulohaaroilla määrittää ainoastaan ottamalla huomioon paikallisten sosiaalisten ja taloudellisten olosuhteiden kokonaisuus. Tulohaaran välityskyky saattaa olla täysin riittävä, jos kerran päivässä 15 minuutin huippujakson aikana saapuvat ajajat (esimerkiksi suuren erillisen tehtaan töiden loppuessa) tietoisesti hyväksyvät hetkelliset jonot välttämättöminä tai pitävät niitä ainakin hyväksyttävämpinä kuin kunnan varojen käyttämistä tällaisen hyvin lyhyen ylikuormitetun hetken poistamiseen. Jos tällainen ratkaisu taas katsotaan epätydyttäväksi paikallisissa olosuhteissa, on lyhyiden ajanjaksojen palvelutaso otettava huomioon ja tehtävä sen aiheuttamat tarkistukset suunnitelmiin.

Seuraavassa tekstiosassa esitetyissä laskentamenetelmissä palvelutasot on periaatteessa esitetty kulloinkin tutkittavaan liittymätyyppiin soveltuva käyräparvena. Vaikka useiden edellä käsiteltyjen tekijöiden vaikutus epäilemättä jonkin verran vaihtelee palvelutasosta riippuen, ei tämän vaihtelun määrittämisen edellyttämiä riittävän tarkkoja tietoja ole vielä käytettävissä. Tästä johtuen esitettyjä korjauskertoimia sovelletaan samanlaisina kaikilla palvelutasoilla.

LIITTYMÄN LIIKENTEENVÄLITYSKYVYN, PALVELUTASOJEN JA NIIDEN VÄLITYSKYKYJEN MÄÄRITTÄMISEN MENETELMÄT

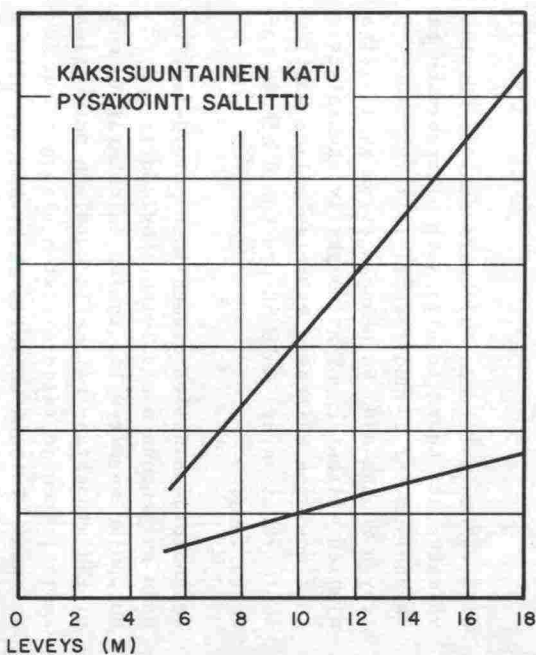
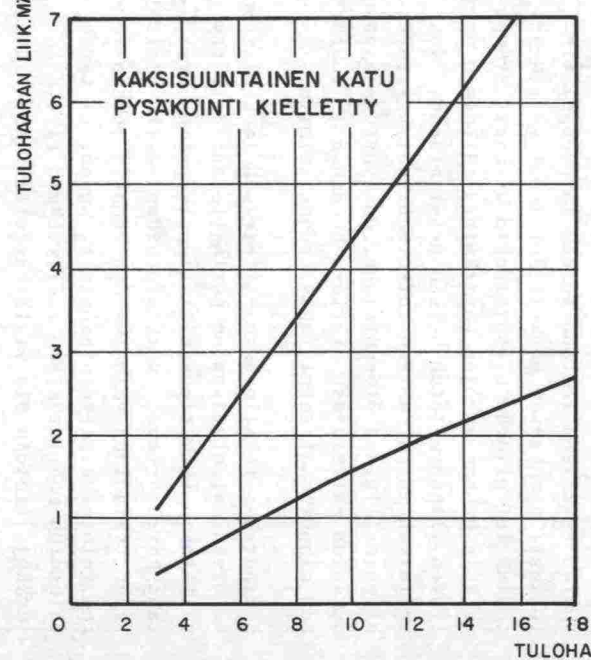
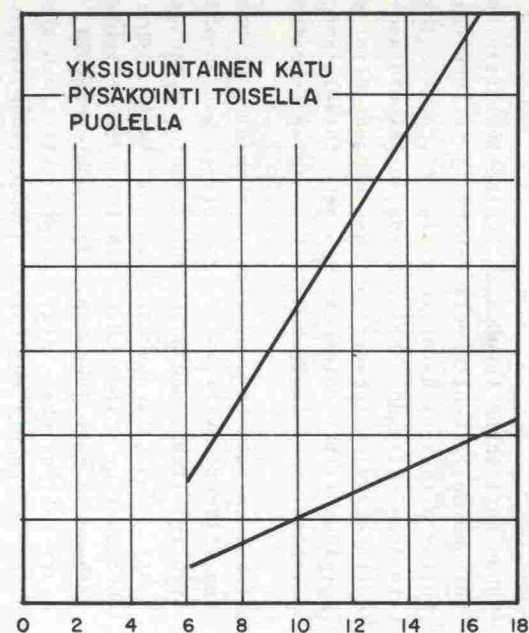
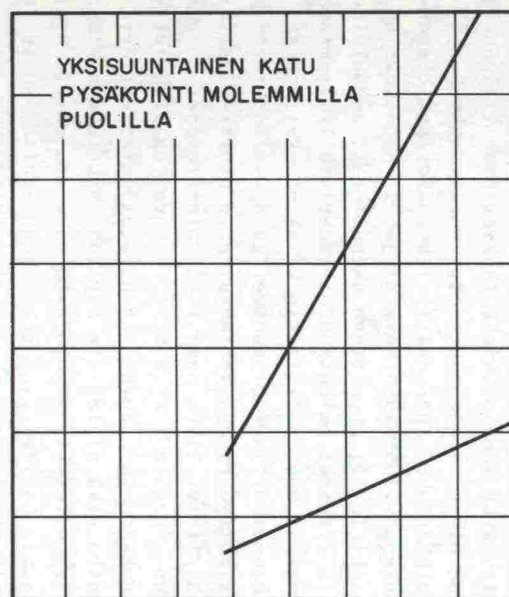
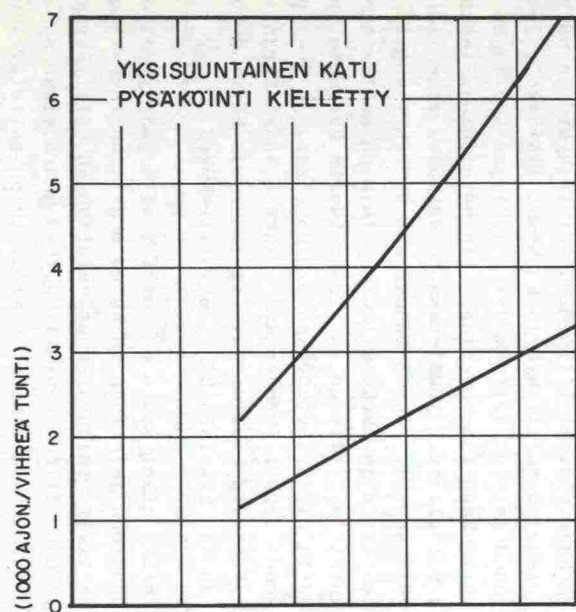
Tähän asti tässä luvussa on käsitelty liittymän tulohaaran liikenteenvälityskykyä ja siihen vaikuttavia tekijöitä varsin yleisesti. Tässä tekstiosassa esitetään välityskyvyn ja palvelutasojen välityskykyjen lukuarvojen laskentamenetelmät erilaisissa liittymäolosuhteissa sekä palvelutasojen arviointimenetelmät, kun liikennetarve tunnetaan.

Aluksi on toistettava, että valo-ohjatun tulohaaran liikenteenvälityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt ilmaistaan ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti. Kun liikennemäärä vihreätä tuntia kohti on laskettu, voidaan kyseisen tulosuunnan vihreään vaiheen ja koko jakson pituuden suhteen avulla määrittää, kuinka monta ajoneuvoa liittymän kyseinen tulohaara voi välittää todellisen tunnin aikana.

On myöskin pidettävä mielessä, että liittymän välityskyky samoin kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa määritetty välityskykykään ei ole tarkka luku. Raskaasti liikennöidyissä olosuhteissa v.1955-1956 havaittujen liikennemäärien vaihtelu oli huomattava näennäisesti samanlaisetkin fyysiset ominaisuudet omaavissa liittymissä. Kuvassa 6.4 on osoitettu kutakin tekstiosassa "Rakenteelliset olosuhteet ja ajo-olosuhteet" esitettyä ryhmää vastaavat havaintomateriaalista määritetyt liikennemäärien vaihtelurajat tulohaaran vihreätä tuntia kohti. Kuvat on sisällytetty teokseen vain kuvaamaan havaintomateriaalin vaihtelua eikä niitä tule käyttää laskelmissa. Suuri osa esitetystä vaihtelusta on voitu selittää aikaisemmin käsiteltyjen tekijöiden avulla, mutta osa vaihtelusta on vielä selittämättä.

Seuraavassa esitettävät laskentamenetelmät antavat parhaat yleiset liittymien välityskykyä ja palvelutasojen välityskykyä koskevat likiarvot, jotka tähän asti on voitu määrittää. Kirjan käyttäjän ei kuitenkaan tule odottaa, että havaitut ja lasketut arvot olisivat jokaisessa tapauksessa täsmälleen yhtä suuret. Jos tulohaarasta on tehty yksityiskohtaisia ja tarkoin taulukoituja paikallisia havaintoja liittymän toimissa täysin kuormitettuna, mutta ei tukkeutuneissa olosuhteissa, ja jos tulokseksi oleva liikennemäärä poikkeaa tässä kirjassa esitetystä, tulisi havaittuja arvoja käyttää kuvaamaan kyseisen kohteen välityskykyä.

Kaikki aikaisemmin esitetyt tekijät täytyy ottaa huomioon ja niiden vaikutus määrittää laskettaessa tietyn tulohaaran palvelutasojen välityskykyä ja koko liikenteenvälityskykyä määritetyissä ajo-olosuhteissa. Useat tekijöistä on esitetty soveltamiskelpoisina kuvina tai taulukoina, mutta eräitä tekijöitä on käsiteltävä erikseen.



Kuva 6.4.
Tulohaarojen liikennemäärien vaihtelu Bureau
of Public Roads'in vuosina 1955-1956 teke-
missä liittymätutkimuksissa.

Liikenteenvälityskyvyn peruskuvaajat ja korjauskerrointaulukot

Kaupunkialueet

Kuvien 6.5-6.9 sekä niihin sisältyvien taulukoiden avulla voidaan palvelutasojen välityskyvyt ja liikenteenvälityskyky määrittää vihreätä tuntia kohti, kun tunnetaan tulohaaran leveys, kuormituskerroin, huipputuntikerroin, kaupunkiseudun väkiluku ja liittymän sijainti kaupunkiseudulla. Nämä suureet on määritetty siten, että ne kuvaavat tämän luvun osassa "Rakenteelliset ominaisuudet ja ajo-olosuhteet" esitettyjä eri ryhmiä, eli siis yksisuuntaisilla kaduilla esiintyviä kolmea pysäköintimahdollisuuksien vaihtoehtoa ja kaksisuuntaisilla kaduilla esiintyviä kahta pysäköintimahdollisuuksien vaihtoehtoa.

On kuitenkin aina muistettava, että näiden kuvien antamat lukuarvot eivät ole lopullisia tuloksia edes silloin, kun kuviin liittyvissä taulukoissa esitettyjä korjauskertoimia on käytetty. Saatu liikennemäärän arvo sellaisenaan saattaa soveltua karkeisiin vertaileviin laskelmiin, mutta kuvaajien perusteella ei saisi ratkaista käytännössä esiintyviä ongelmia taulukoituja korjauskertoimia käyttämättä, minkä lisäksi tavallisesti on vielä sovellettava myöhemmin tässä luvussa esitettäviä lisäkorjauskertoimia. Erityisesti on muistettava, että näiden kuvien avulla saatu arvo, jonka dimensio on ajoneuvoja vihreätä tuntia kohti, ei koskaan vastaa tulosuunnan todellista välityskykyä edes likimääräisissä laskelmissa. Arvo täytyy aina kertoa asianmukaisella, kyseistä tulosuuntaa vastaavalla liikennevalojen G/C-suhteella, jotta tulohaaran välityskyky todellisen tunnin aikana tulisi määritetyksi.

Kuvissa käytetty tulohaaran leveys vastaa tulohaaran päällystetyn osan kokonaisleveyttä, ja se sisältää mahdolliset pysäköintikaistat, mutta ei erillisiä ryhmittymiskaistoja (ts. vain kääntymistä varten varattuja ajokaistoja riippumatta siitä, onko niillä erillinen liikennevalovaihe). Jos tällaisia lisäkaistoja esiintyy, tulee liikenteenvälityskyvyn määrittämisessä tulohaaran leveytenä käyttää tulohaaran kokonaisleveyttä vähennettynä ryhmittymiskaistojen leveydellä. Tulohaaran välityskyky lisätään jälkeinpäin ottamalla näiden kaistojen vaikutus huomioon myöhemmin tässä luvussa esitettävillä menetelmillä.

Vihreän tunnin aikana välitetyt liikennemäärät vastaavat keskimääräisiä liikenneolosuhteita. Laskelmissa tehdyt perusolettamukset ovat seuraavat: vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 10 %, oikealle kääntyviä ajoneuvoja 10 % ja kuorma-autoja ja pitkämatkaisia linja-autoja 5 % liikennevirrasta. Paikallisliikenteen linja-autoja ei esiinny.

Kuvissa 6.5-6.9 esitetyt käyrät osoittavat tulosuunnan leveyden ja vihreätä tuntia kohti välitetyjen ajoneuvojen lukumäärän keskinäisen riippu-

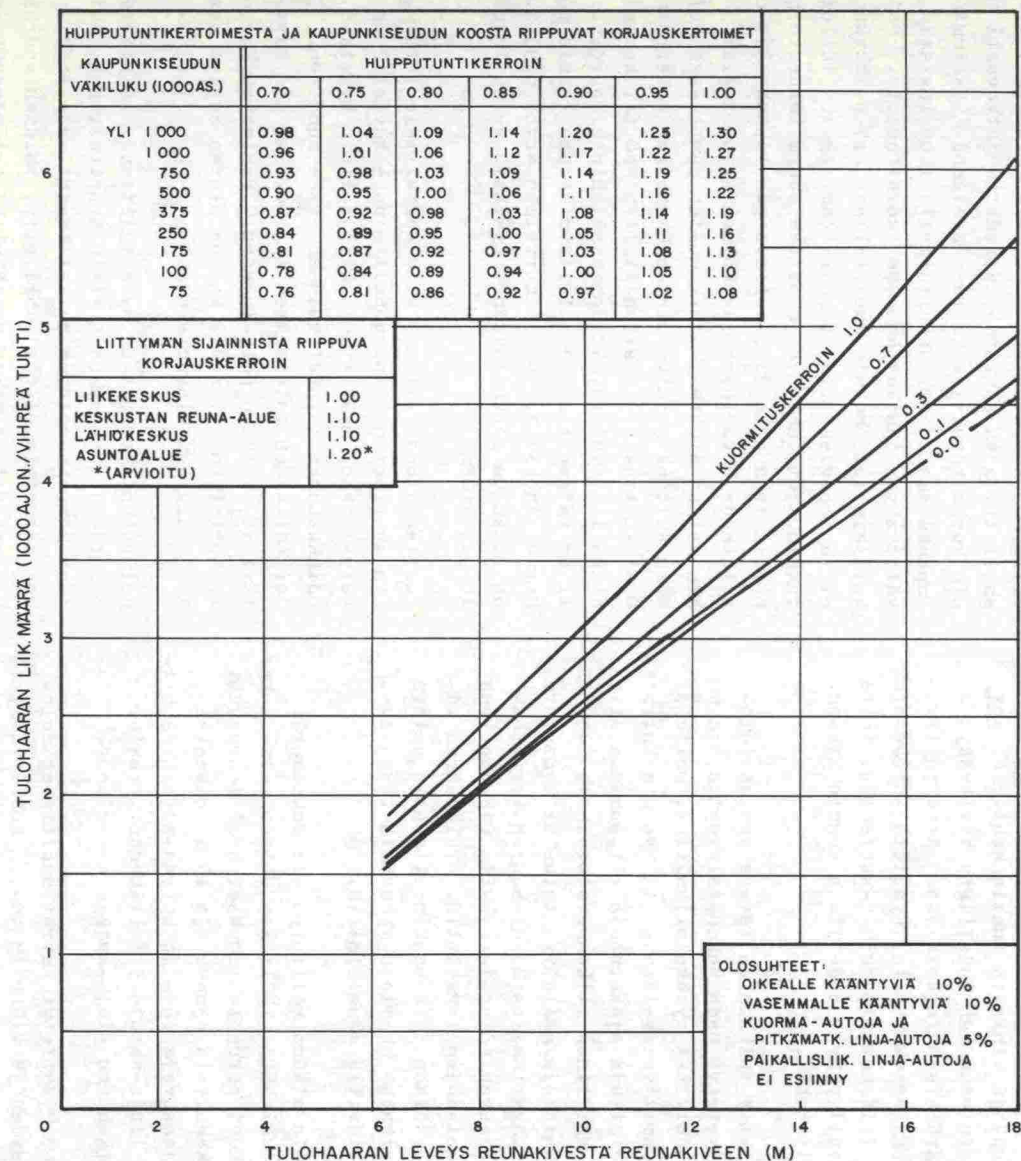
vuuden kaikilla mahdollisilla kuormituskertoimilla. Ne perustuvat tämän luvun osassa "Ympäristöolosuhteet" esitettyjen tekijöiden valittuihin arvoihin. Käytetyt arvot ovat seuraavat: huipputuntikerroin 0.85 (kaikista havainnoista saatu keskiarvo), kaupunkiseudun väkiluku 250 000 ja liittymän sijainti keskikaupungin alueella. On huomattava, että kuormituskertoimelle ei ole otaksuttu keskimääräistä arvoa, ja että tutkittava liittymä vain harvoin vastaa kaikissa suhteissa olosuhteiltaan kuvien olettamuksia. Tämän vuoksi on kuormituskerroin aina määritettävä havainnoilla tai valittava siten, että se vastaa tutkittavan liittymän todellisia olosuhteita. Huipputuntikertoimen eri arvoille ja/tai kaupunkiseudun väkiluvulle sekä liittymän keskikaupungin ulkopuolella olevalle sijainnille on kunkin kuvaajan yhteydessä esitettyssä taulukossa osoitettu korjauskertoimet, joilla kuvaajan perusteella saatu liikennemäärä tulee kertoa.

Kuormituskertoimelle valittava arvo riippuu pääasiassa liittymältä toivotusta palvelutasosta. Liikenteenvälityskykyä alemmilla palvelutasojen välityskyvyillä voidaan käyttää taulukossa 6.3 esitettyjä arvoja, ellei tarkempia paikallisia kertoimia ole käytettävissä.

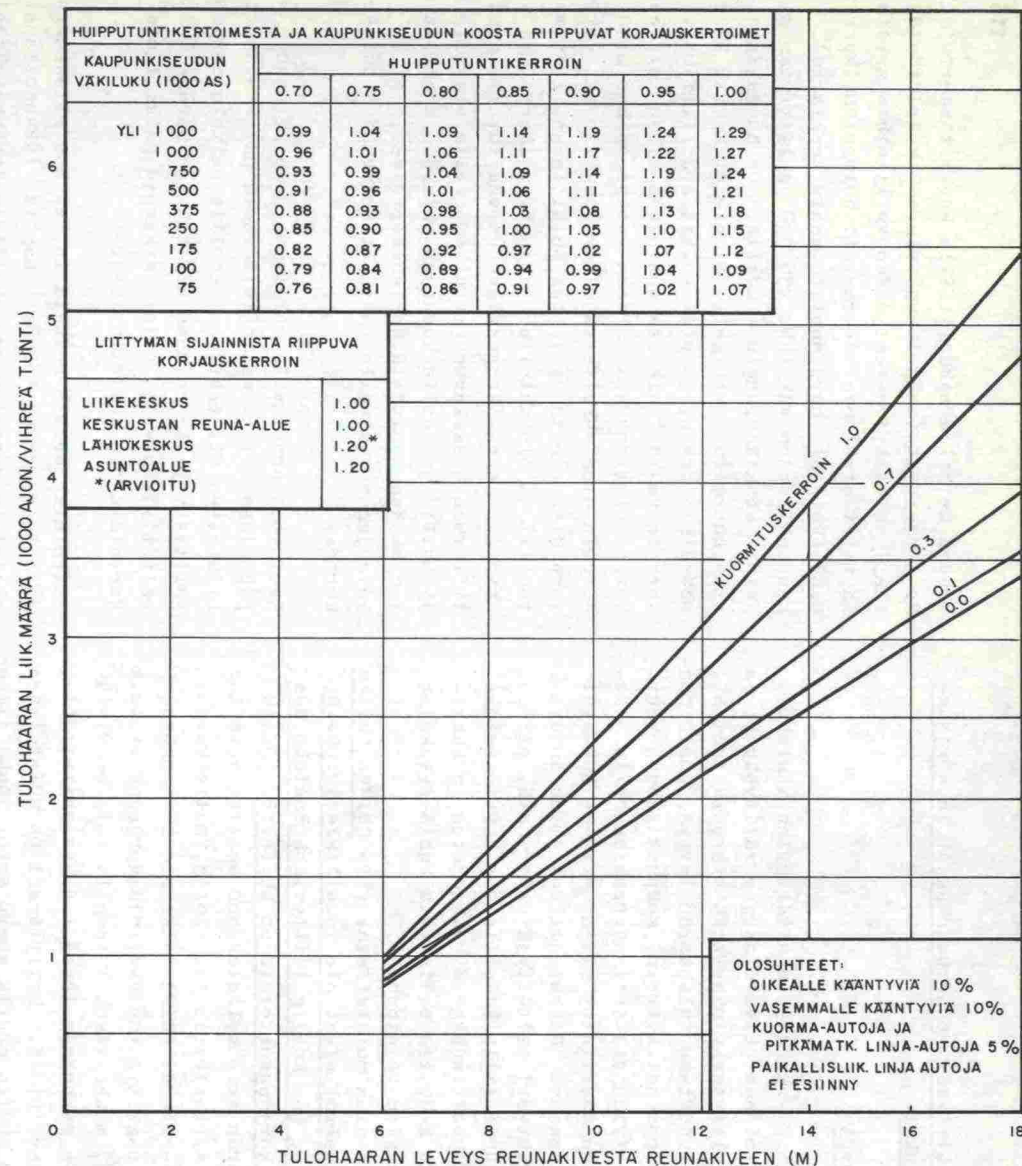
Kuten aikaisemmin mainittiin, ei kuormituskerrointa 1.00 voida käytännössä käyttää lukuunottamatta sellaisia verraten epätavallisia tapauksia, joissa liittymä on käytännössä todettu jatkuvasti täysin kuormitetuksi koko tunnin aikana. Useimmissa tapauksissa kuormituskertoimella 1.00 laskettu välityskyky jää käytännössä saavuttamatta. Paikallisia tutkimuksia suositellaan eri paikkakunnilla sopivien arvojen määrittämiseksi. Tällaiset tutkimukset saattavat osoittaa kuormituskertoimen olevan jopa alle 0.7, jollaisessa tapauksessa palvelutasoa D vastaavaa kertoimen arvoa tulisi jonkin verran alentaa. Tutkimusten puuttuessa voidaan kuitenkin palvelutasoa E vastaavaa kerrointa 0.85 käyttää erillisissä liittymissä tai sellaisissa liittymissä, joiden keskinäinen koordinointi on vajavaista. Jos liittymien progressio on hyvin tehokasta, voivat kertoimen arvot 0.95-1.00 osoittautua tarkoituksenmukaisiksi, kuten luvussa 10 esitetään.

Edelleen suositellaan, että paikallisia tutkimuksia suoritettaisiin suunnittelussa käytettävän palvelutason määrittämiseksi, jolloin kyseisen paikkakunnan tarpeet voidaan ottaa huomioon. Jos tällaisen tutkimuksen tuloksia ei ole käytettävissä, voidaan palvelutasoa C vastaavan kuormituskertoimen arvon 0.3 katsoa olevan sopiva keskimääräisissä olosuhteissa.

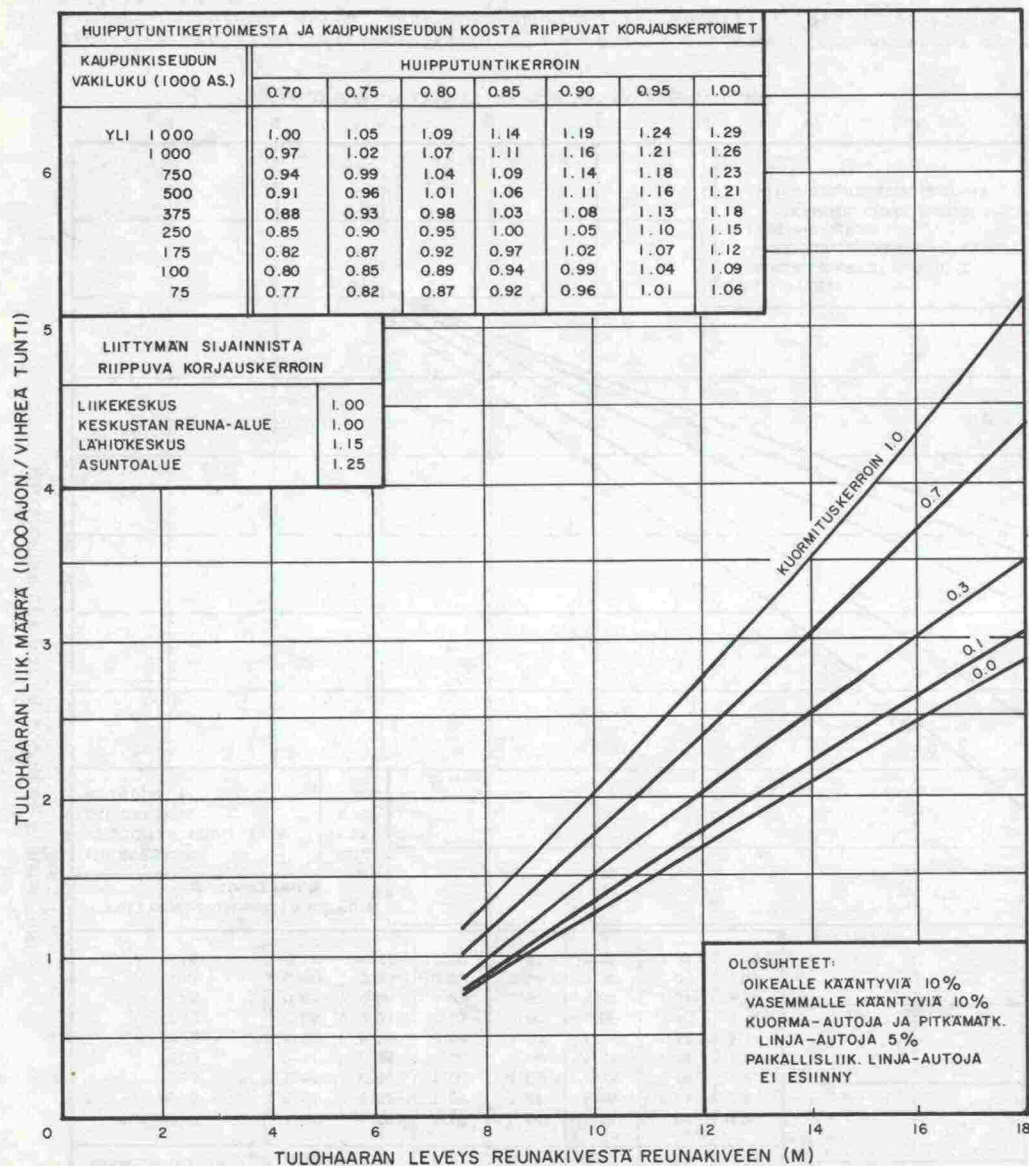
Huipputuntikerroin on myös valittava. Aikaisemmin tässä luvussa esitettiin menettelytapa, jolla tämä kerroin voidaan paikallisesti määrittää. Jos kerrointa ei ole määritetty, voidaan seuravia arvioituja kertoimia käyttää eri olosuhteissa:



Kuva 6.5.
Kaupunkialueella sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti yksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on kielletty.

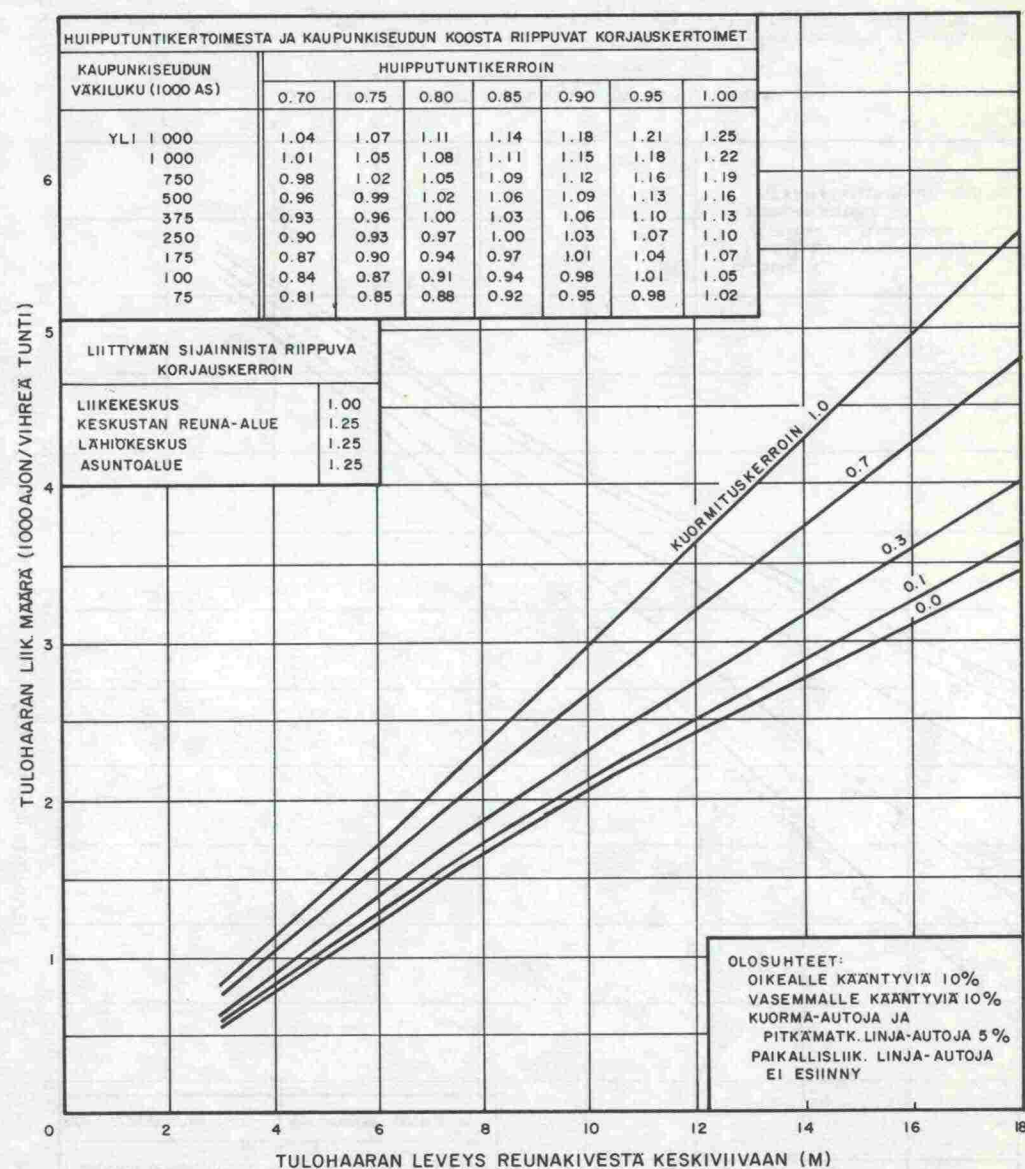


Kuva 6.6.
Kaupunkialueella sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti yksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu toisella puolella.



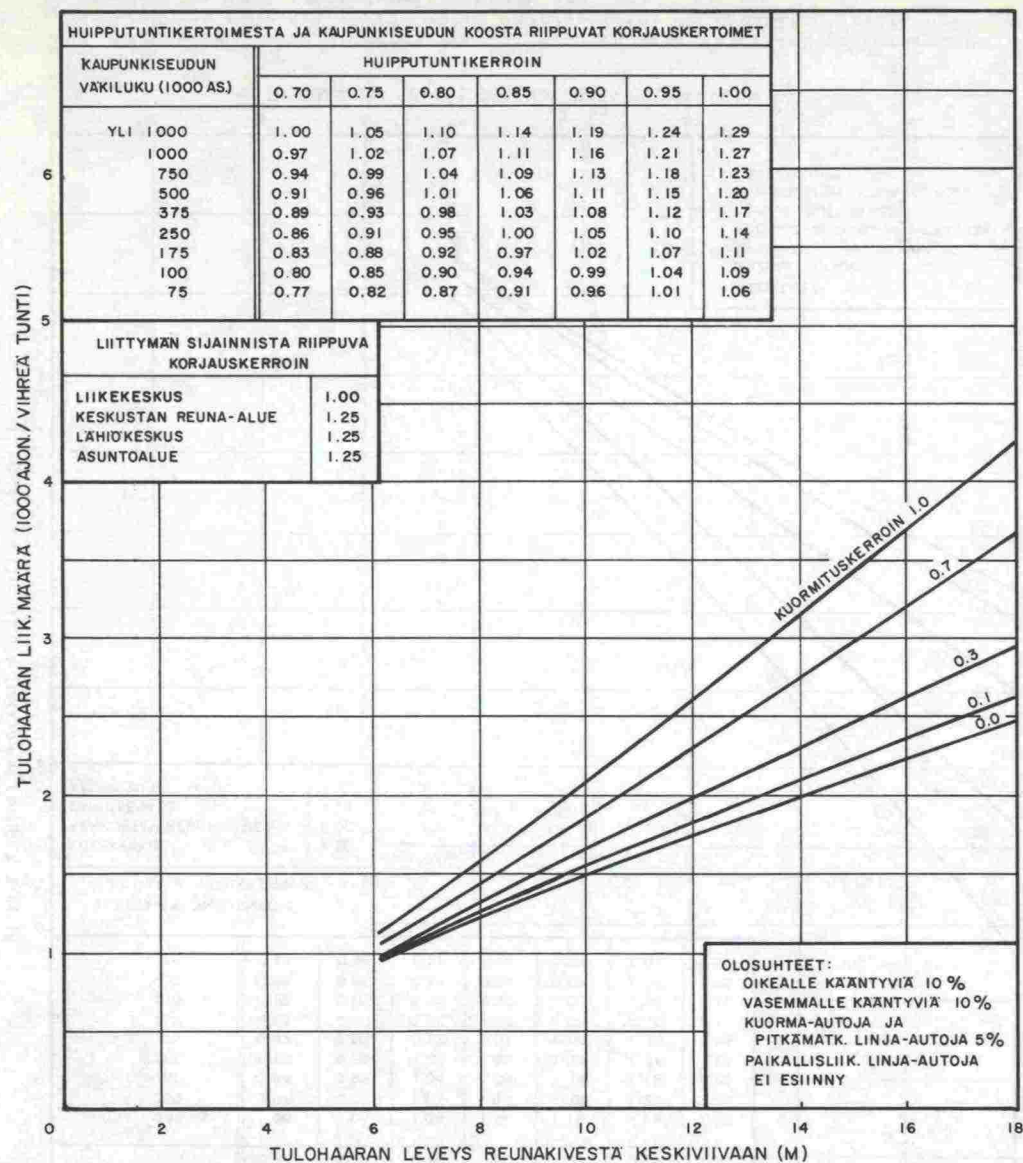
Kuva 6.7.

Kaupunkialueella sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti yksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu molemmilla puolilla.

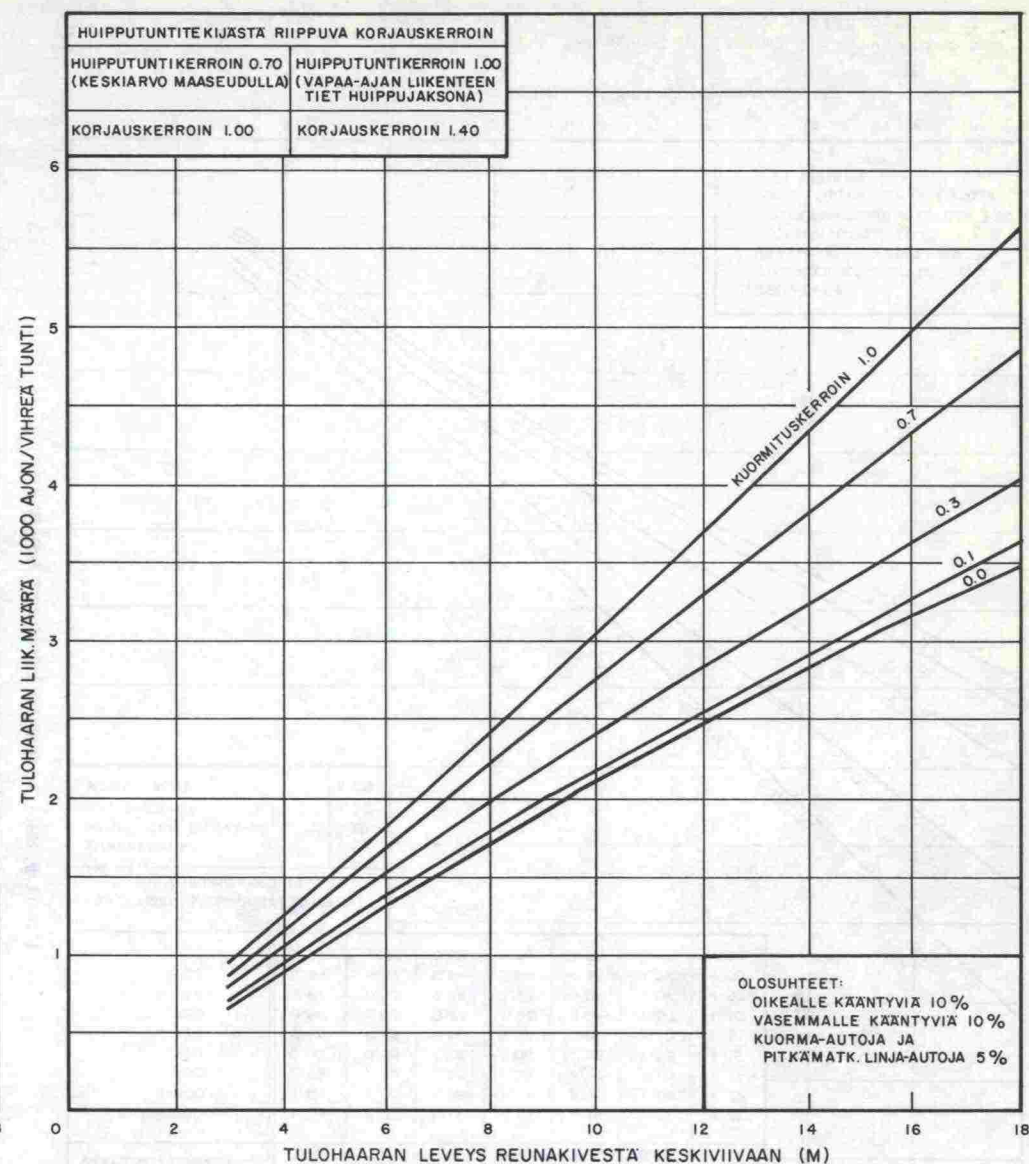


Kuva 6.8.

Kaupunkialueella sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti kaksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on kielletty.



Kuva 6.9.
Kaupunkialueella sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti kaksisuuntaisilla kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu.



Kuva 6.10.
Maaseudulla sijaitsevan liittymän tulohaaran välittämä liikennemäärä ajoneuvoina vihreätä tuntia kohti kaksisuuntaisilla teillä, joilla pysäköinti ajoradalla on kielletty.

1. Jos pitkiä odottavien ajoneuvojen jonoja esiintyy yleisesti tai niitä on odotettavissa tutkimusalueen pääkatujen tärkeissä liittymissä koko huipputunnin ajan, voidaan huipputuntikertoimena käyttää arvoja 0.90-0.95. (Huipputuntikerrointa 1.00 tulisi käyttää vain sellaisissa harvinaisissa tapauksissa, joissa koko tunnin aikana esiintyy epätavallisen yhenmukainen liikennetarve).
2. Jos tulohaaran kuormituksen voidaan olettaa olevan korkea suurimpana osana huipputuntia, on huipputuntikertoimen arvo 0.85 kohtuullisen hyvä arvio. Tätä arvoa voidaan myös käyttää keskimääräisenä, ellei tutkimuskohdan olosuhteista ole minkäänlaisia tietoja.
3. Jos jokin voimakas liikenteen generointialue aiheuttaa lyhytaikaisia ja korkeita huippuliikennemääriä, voidaan käyttää kertoimen arvoja 0.60-0.70.

On muistettava, että jos välityskykylaskelma perustuu kuormituskertoimeen ja/tai huipputuntiker-toimeen, jotka ovat suuruusluokkaa 0.7, on saatu arvo huomattavasti alhaisempi kuin tulohaaran rakenteelliset ominaisuudet sallisivat, samalla tavoin kuin moottoritien välityskyvyksi alhaisilla huipputuntikertoimilla saadaan sen ominaisuuksia alhaisempi arvo. Kummassakin tapauksessa voidaan suurin osa liikenteestä välittää suhteellisen hyvin vallitsevilla olosuhteissa.

Kuvien 6.5-6.9 käyttötapa on varsin suoraviivainen sen jälkeen kun kaikki ympäristöolosuhteet on määritetty. Perustapauksessa, jossa tulohaaran leveys tunnetaan ja liikennemäärä on laskettava, tehtävä ratkaistaan siten, että tulohaaran leveyttä osoittavasta kohdasta vaaka-akselilla piirretään pystysuora viiva asianmukaista kuormituskerointa vastaavalle käyrälle. Viivojen leikkauspisteestä piirretään vaakasuora viiva liikennemääräasteikolle pystysuoralla akselilla, ja tästä saatu arvo korjataan vastaamaan asianmukaisia ympäristöolosuhteita kuvaan kuuluvan taulukon kertoimilla.

Maaseutuolosuhteet

Vuosien 1955-1956 tutkimuksissa saatiin vain vähän tietoja maaseudulta. Käyttämällä pienissä kaupungeissa havaittuja liittymien toimintaominaisuuksia ja tunnettuja maaseutua koskevia tietoja yhdessä on voitu laatia maaseudulla sijaitsevien liittymien tulohaarojen palvelutasojen välityskykyjä esittävä kuvaaja (kuva 6.10). Kuvassa on oletettu, että ajoradalla pysäköinti on kielletty ja huippukerroin on 0.70.

Jos liittymä maaseudun olosuhteissa on pääasiassa vapaa-ajan liikenteen käyttämällä tiellä tai tyyppillisesti kaupunkimaisten vastustekijöiden muuten puuttuessa tieltä, jolla kuitenkin esiintyy

useiden tuntien pituisia satunnaisia korkean liikennetarpeen (huipputuntikerroin lähes 1.00) ajanjaksoja ja pitkiä ajoneuvojonoja, saattaa liittymä toimia teholla, joka vastaa lähes 1 500 ajon./vihreä tunti ajokaistaa kohti pysähtyneiden ajoneuvojen lähtiessä uudelleen liikkeelle. Kuvaajasta saadut kuormituskertoimen arvoja n. 1.0 vastaavat liikennemäärät tulisi tällaisissa olosuhteissa kertoa luvulla 1.4.

Sellaisissa epätavallisissa tapauksissa, joissa pysäköinti on sallittu, voidaan kuvan 6.10 sijasta käyttää kuvaa 6.9, mutta taulukoiden korjauskertoimia ei tällöin käytetä. (Tällainen menettely itse asiassa vastaa huipputuntikerrointa 0.70 asukaslukua 75 000 ja asuntoaluetta, joissa olosuhteissa korjauskerroin on hyvin lähellä 1.00:a). Tällaisessakin tapauksessa voidaan vapaa-ajan liikenteen teiden huippuliikennettä käsiteltäessä saadut arvot kertoa luvulla 1.4.

Muut korjauskertoimet

Vaikka liikenteenvälityskyvyn peruskuvaajien ja taulukoiden käyttötapa on edellä olevassa tekstissä selvitetty, ei tulohaaran palvelutasojen välityskykyjen tai liikenteenvälityskyvyn määrittäminen ole vielä täysin suoritettu. Useita muita korjauskertoimia on vielä otettava huomioon, kuten esim. aina tärkeä G/C-suhde sekä useat liikenteen ominaisuuksista johtuvat kertoimet. Seuraavassa esitetään kunkin kertoimen käyttö.

G/C - suhde

Kuten aikaisemmin liikenteen ohjausta käsittelevässä tekstissä esitettiin, G/C-suhde on varsin tärkeä huomioon otettava tekijä, joka osoittaa tarkasteltavan tulohaaran liikennevalojakson vihreiden vaiheiden yhteispituuden suhteen koko jakson pituuteen. Suhteen käyttö on välttämätöntä aina liikennevalo-ohjatun liittymän tulohaaroja käsiteltäessä, koska vain erityistapauksissa (esimerkiksi ryhmittymiskaistalla, jolta kääntyminen aina sallitaan) vihreä vaihe on koko jakson pituinen.

Kuten aikaisemmin todettiin, suhteen termi G vastaa ainoastaan vihreätä aikaa. Se ei sisällä keltaista vaihetta riippumatta siitä, esiintyykö keltainen vaihe yksin tai yhdessä vihreän kanssa, tai siitä, että pieni osa liikenteestä ajaa liittymän läpi keltaisen vaiheen aikana.

Analysoitaessa koko liittymän toimintaa on varmistettava, ettei vihreiden aikojen kokonaismäärä ylitä suurinta mahdollista arvoa. Kun esimerkiksi yhden tulohaaran G/C-suhde on määritetty, ei poikittaiskadun vastaavaa suhdetta voida laskea erotuksena sadasta prosentista, koska keltaisen vaiheen aiheuttama ajan vähennys tulee ottaa huomioon. Laskelmien yksinkertaistamiseksi voidaan keltaiselle ajalle alustavasti osoittaa 10 % kokonais-

Taulukko 6.4 OIKEALLE KÄÄNTYVISTÄ AJONEUVOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET KAKSISUUNTAISILLA KADUILLA^a
 JA YKSISUUNTAISILLA KADUILLA^a SEKÄ VASEMPAAN KÄÄNTYVISTÄ AJONEUVOISTA YKSISUUNTAISILLA
 KADUILLA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET^a

KÄÄNTY- VIÄ AJO- NEUVOJA ^b (%)	KORJAUSKERROIN					
	PYSÄKÖINTI KIELLETTY ^c			PYSÄKÖINTI SALLITTU ^d		
	TULOHAARAN LEVEYS ≤4.5 m (≤15 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 4.6-7.2 m (16-24 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 7.3-10.2 m (25-34 ft)	TULOHAARAN LEVEYS ≤6.0 m (≤20 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 6.1-8.7 m (21-29 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 8.8-11.7 m (30-39 ft)
0	1.20	1.050	1.025	1.20	1.050	1.025
1	1.18	1.045	1.020	1.18	1.045	1.020
2	1.16	1.040	1.020	1.16	1.040	1.020
3	1.14	1.035	1.015	1.14	1.035	1.015
4	1.12	1.030	1.015	1.12	1.030	1.015
5	1.10	1.025	1.010	1.10	1.025	1.010
6	1.08	1.020	1.010	1.08	1.020	1.010
7	1.06	1.015	1.005	1.06	1.015	1.005
8	1.04	1.010	1.005	1.04	1.010	1.005
9	1.02	1.005	1.000	1.02	1.005	1.000
10	1.00	1.000	1.000	1.00	1.000	1.000
11	0.99	0.995	1.000	0.99	0.995	1.000
12	0.98	0.990	0.995	0.98	0.990	0.995
13	0.97	0.985	0.995	0.97	0.985	0.995
14	0.96	0.980	0.990	0.96	0.980	0.990
15	0.95	0.975	0.990	0.95	0.975	0.990
16	0.94	0.970	0.985	0.94	0.970	0.985
17	0.93	0.965	0.985	0.93	0.965	0.985
18	0.92	0.960	0.980	0.92	0.960	0.980
19	0.91	0.955	0.980	0.91	0.955	0.980
20	0.90	0.950	0.975	0.90	0.950	0.975
22	0.89	0.940	0.980	0.89	0.940	0.980
24	0.88	0.930	0.985	0.88	0.930	0.985
26	0.87	0.920	0.990	0.87	0.920	0.990
28	0.86	0.910	0.995	0.86	0.910	0.995
30+	0.85	0.900	1.000	0.85	0.900	1.000

^aErillistä ryhmittymiskaistaa tai liikennevalovaihetta ei ole varattu

^bOikealle kääntyvät ja vasemmalle kääntyvät on käsiteltävä erikseen kaikissa laskelmissa eikä niitä saa laskea yhteen.

^cKorjauskerrointa ei tarvita, jos tulohaaran leveys ≤ 10.3 m, ts. käytetään kerrointa 1.000.

^dKorjauskerrointa ei tarvita, jos tulohaaran leveys ≤ 11.8 m, ts. käytetään kerrointa 1.000.

ajasta eli 5 % nelihaaraisen liittymän kummallekin kadulle, mikä tapa antaa tavallisesti tyydyttäviä tuloksia alustavissa laskelmissa. Kun lopullinen jakson pituus on määritetty, on tietysti käytettävä todellisia keltaisten vaiheiden pituuksia. Yleensä suositellaan käytettäväksi kolmen sekunnin keltaista vaihetta. Jos liittymäalueen tyhjeneminen vie pitemmän ajan esimerkiksi laajoissa liittymissä, tulisi käyttää kaikille tulohaaroille yhtäaikaista punaista liikennevalovaihetta.

Kääntyvät ajoneuvot

Perustapaus: Kääntyville ajoneuvoille ei ole varattu erillisiä ryhmittymiskaistoja tai liikennevalovaiheita = Kääntyvien ajoneuvojen prosenttiosuudesta johtuvat korjauskertoimet on esitetty taulukossa 6.4 tapauksessa, jossa kääntyville ajoneuvoille ei ole varattu erillistä ryhmittymiskaistaa tai liikennevalovaihetta. Kertoimilla otetaan huomioon aikaisemmin käsitelty kääntyvien ajoneu-

Taulukko 6.5 VASEMMALLE KÄÄNTYVISTÄ AJONEUVOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET KAKSISUUNTAISILLA KADUILLA^a

KÄÄNTY- VIÄ AJO- NEUVOJA (%)	KORJAUSKERROIN					
	PYSÄKÖINTI KIELLETTY			PYSÄKÖINTI SALLITTU		
	TULOHAARAN LEVEYS ≤4.5 m (≤15 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 4.5-10.2 m (16-34 ft)	TULOHAARAN LEVEYS ≥10.3 m (≥35 ft)	TULOHAARAN LEVEYS ≤6.0 m (≤20 ft)	TULOHAARAN LEVEYS 6.1-11.7 m (21-39 ft)	TULOHAARAN LEVEYS ≥11.8 m (≥40 ft)
0	1.30	1.10	1.050	1.30	1.10	1.050
1	1.27	1.09	1.045	1.27	1.09	1.045
2	1.24	1.08	1.040	1.24	1.08	1.040
3	1.21	1.07	1.035	1.21	1.07	1.035
4	1.18	1.06	1.030	1.18	1.06	1.030
5	1.15	1.05	1.025	1.15	1.05	1.025
6	1.12	1.04	1.020	1.12	1.04	1.020
7	1.09	1.03	1.015	1.09	1.03	1.015
8	1.06	1.02	1.010	1.06	1.02	1.010
9	1.03	1.01	1.005	1.03	1.01	1.005
10	1.00	1.00	1.000	1.00	1.00	1.000
11	0.98	0.99	0.995	0.98	0.99	0.995
12	0.96	0.98	0.990	0.96	0.98	0.990
13	0.94	0.97	0.985	0.94	0.97	0.985
14	0.92	0.96	0.980	0.92	0.96	0.980
15	0.90	0.95	0.975	0.90	0.95	0.975
16	0.89	0.94	0.970	0.89	0.94	0.970
17	0.88	0.93	0.965	0.88	0.93	0.965
18	0.87	0.92	0.960	0.87	0.92	0.960
19	0.86	0.91	0.955	0.86	0.91	0.955
20	0.85	0.90	0.950	0.85	0.90	0.950
22	0.84	0.89	0.940	0.84	0.89	0.940
24	0.83	0.88	0.930	0.83	0.88	0.930
26	0.82	0.87	0.920	0.82	0.87	0.920
28	0.81	0.86	0.910	0.81	0.86	0.910
30+	0.80	0.85	0.900	0.80	0.85	0.900

^aErillistä ryhmittymiskaistaa tai liikennevalovaihetta ei ole varattu.

vojen vaikutukset. Taulukon 6.4 kertoimet koskevat oikealle kääntyviä ajoneuvoja, mutta niitä voidaan soveltaa myös yksisuuntaisilta kaduilta vasemmalle kääntyviin ajoneuvoihin. Kaksisuuntaisilta kaduilta vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja koskevat korjauskertoimet on esitetty taulukossa 6.5.

On huomattava että korjauskertoimen arvo vaihtelee kadun leveydestä ja pysäköintiolosuhteista riippuen. Taulukossa 6.4 esitetyistä leveätköjistä katuja koskevista korjauskertoimista mainittakoon, että nykyisin on todettu, että leveimpään luokkaan kuuluvilla kaduilla oikealle kääntyvien ajoneuvojen haittavaikutukset ovat suurimmillaan niiden osuuden ollessa n. 20 %. Ajoneuvojen määrän kasvaessa

tätä suuremmaksi niiden haittavaikutukset vähitellen katoavat. Tämä johtunee siitä, että käytännössä oikeanpuoleista ajokaistaa käyttävät yksinomaan kääntyvät ajoneuvot, jolloin niiden liikenteelle aiheuttama vastus suurelta osin häviää. Hyvin leveillä kaduilla oikealle kääntyvät ajoneuvot näyttävät aiheuttavan joko hyvin vähän tai ei ollenkaan haittavaikutuksia.

Kääntyville ajoneuvoille on varattu erillinen ryhmittymiskaista ja/tai liikennevalovaihe. - Monien uusien teiden ja katujen liittymien tulohaaroilla on kääntyviä ajoneuvoja varten osoitettu erilliset ajokaistat. Tällainen kaista saattaa olla joko kadun normaalilla ajoradalla tai erikseen rakennettu levennys. Kääntyviä ajoneuvoja varten

voi olla osoitettu myös erillinen liikennevalovaihe. Vastaavasti voidaan erillisiä liikennevalovaiheita käyttää, vaikka erillistä ryhmittymiskaistaa ei olekaan rakennettu.

Tällaisissa tapauksissa ei voida soveltaa taulukkojen 6.4 ja 6.5 kertoimia, vaan laskelmissa on käytettävä seuraavassa esitettyjä menetelmiä, joiden perusolettaamus on, että varatut ryhmittymiskaistat ovat lasketuille liikennemäärille riittävän pitkiä. Käytännössä ryhmittymiskaistan pituuden tulisi olla suunnilleen kaksi kertaa keskimääräisen jakson aikana kääntyvän liikennemäärän vaatima pituus, jotta se voi välittää satunnaiset huippuliikennemäärät.

E r i l l i s e t r y h m i t t y m i s k a i s - t a t s e k ä e r i l l i n e n l i i k e n - n e v a l o v a i h e . - Tavanomaisin tapaus lienee sellainen, jossa erillinen ryhmittymiskaista on varustettu myös omalla liikennevalovaiheella. Seuraava käsittelytapa perustuu olosuhteisiin, joissa suoraan menevät ajoneuvot eivät käytä ryhmittymiskaistaa ollenkaan, joissa jalankulkijoiden ohjaus tapahtuu siten, että he eivät häiritse merkittävästi ajoneuvoliikennettä ja joissa oikealle kääntyvillä kaistoilla liittymän kaarresäde on niin suuri, että kääntyminen on helppoa. Tällaisissa olosuhteissa laskentamenetelmä pitää paikkansa sekä varsinaisella ajoradalla olevilla että erilliselle levennykselle rakennetuilla ryhmittymiskaistoilla. Laskentamenetelmän vaiheet ovat seuraavat:

1. Vähennetään ryhmittymiskaistan tai -kaistojen leveys tulohaaran kokonaisleveydestä. Lasketaan halutun palvelutason välityskyky jäljelle jääneelle tulohaaran leveydelle aikaisemmin esitetyillä peruslaskumenetelmillä käyttämällä kääntyvien ajoneuvojen osuutena 0 % niillä kääntymissuunnilla, joille erilliskaistat on varattu.

2. Käsitellään kukin ryhmittymiskaista erikseen olettaen, että niillä eri palvelutasojen välityskyvyt 3.0 metrin leveyttä kohti ovat:

Palvelutaso	Ajon/vihreä tunti	K-autojen osuus (%)
A, B, C	800	5
D	1000	5
E(väl.kyky)	1200	5

Jos samalle kääntymissuunnalle on varattu kaksi tai useampia kääntymiskaistoja, on kuitenkin tällaisen lisäkaistan palvelutason välityskyky 0.8 kertaa taulukossa osoitettu arvo. Tämän jälkeen sovelletaan asianmukaista G/C-kerrointa erilliselle liikennevalovaiheelle ja korjataan kuorma-autojen osuus tutkittavan tapauksen mukaiseksi taulukossa 6.6 esitetyillä kertoimilla.

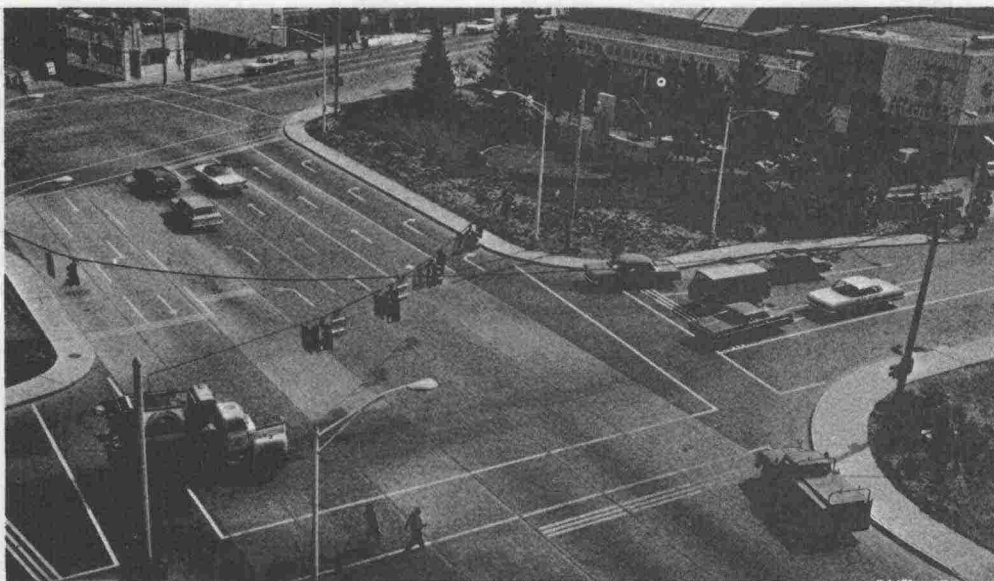
3. Lasketaan vaiheissa 1 ja 2 määritetyt palvelutason välityskyvyt yhteen, jolloin saadaan tulohaaran koko välityskyky.

Huom. Tällä laskeumenetelmällä saadaan kyseisen tulohaaran rakenteellisten ominaisuuksien mukainen välityskyky, kun liikennevalojen vaihekaavio tunnetaan. Usein käytännön ongelmissa ei G/C-suhdetta kuitenkaan tiedetä etukäteen, vaan tunnetaan liikennemäärät ja niiden jakautuma suoraan meneviin sekä vasemmalle ja oikealle kääntyviin kyseisellä tulohaaralla. Tällöin tehtävänä on määritellä ryhmittymiskaistoille osoitettavan vihreän ajan määrä. Käytännössä saattaa em. liikennetarpeen jakautumasta johtua, että liittymään pääsevien kääntyvien ajoneuvojen lukumäärä tietyn jakson aikana on laskettua arvoa alhaisempi.

Jos sekä suoraan menevät että kääntyvät ajoneuvot käyttävät ryhmittymiskaistoja esimerkiksi kohteissa, joissa ajorata on levennetty sekä liittymää ennen että sen jälkeen, ei edellä esitettyä menetelmää tulisi käyttää. Tällaisissa tapauksissa liittymän välityskykylaskelmat tulisi suorittaa erikseen kullekin erilliselle opasteyhdistelmälle.

Taulukko 6.6 KUORMA-AUTOISTA JA PITKÄMATKAISISTA LINJA-AUTOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET

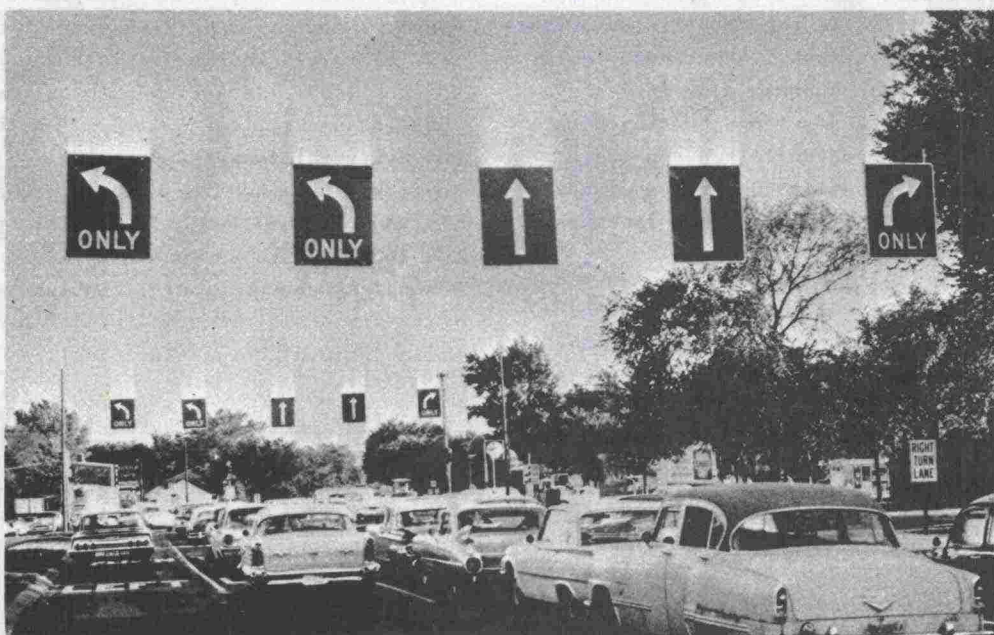
KUORMA-AUTOJEN JA PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN OSUUS (%)	KORJAUS- KERROIN	KUORMA-AUTOJEN JA PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN OSUUS (%)	KORJAUS- KERROIN	KUORMA-AUTOJEN JA PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN OSUUS (%)	KORJAUS- KERROIN
0	1.05	7	0.98	14	0.91
1	1.04	8	0.97	15	0.90
2	1.03	9	0.96	16	0.89
3	1.02	10	0.95	17	0.88
4	1.01	11	0.94	18	0.87
5	1.00	12	0.93	19	0.86
6	0.99	13	0.92	20	0.85



Selvät ajoratamerkinnot ja pysäköinnin kieltäminen tehostavat liikenteen sujumista tässä lähiökeskuksessa sijaitsevassa liittymäparissa.



Vasen ryhmittymiskaista korkean välityskyvyn omaavassa, maaseudulla sijaitsevassa liikennevaloin varustetussa liittymässä. Huomaa myös oikeaan kääntyville varattu erillinen kaista poikittaiskadun vasemmalla haaralla.



Koska kääntyvien ajoneuvojen määrä on korkea, on tässä liittymässä vasempaan kääntyville varattu kaksi, suoraan meneville kaksi ja oikeaan kääntyville yksi ajokaista.

perusmenetelmillä käyttäen tulohaaran koko leveyttä. Vasemmalle kääntyvät ajoneuvot tulisi käsitellä samoin kuin yksisuuntaisilta kaduilta vasempaan kääntyvät.

Erilliset ryhmittymiskaistat mutta ei erillistä liikennevalovaihetta. - Laskentamenetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

1. Vähennetään ryhmittymiskaistan tai -kaistojen leveys tulohaaran kokonaisleveydestä. Lasketaan halutun palvelutason välityskyky jäljelle jääneelle tulohaaran leveydelle aikaisemmin esitetyillä peruslaskumenetelmillä käyttämällä kääntyvien ajoneuvojen osuutena 0 % niillä kääntymissuunnilla, joille erilliskaistat on varattu.

2a. Riittävän pitkällä oikealla ryhmittymiskaistalla käytetään kaikkien palvelutasojen välityskykyä lauseketta $600 \times G/C$ ajon./h. Lauseke perustuu olettamukseen, että kuorma-autojen osuus on 5 % ja kääntyminen tapahtuu samanaikaisesti, kun jalankulkijat ylittävät katua. Jos jalankulkijat eivät ylitä katua samanaikaisesti, käytetään liikennevalo-ohjatun tapauksen arvoja. Kummassakin tapauksessa kuorma-autojen osuus korjataan oikeaksi taulukon 6.6 kertoimilla.

2b. Riittävän pitkällä vasemmalla ryhmittymiskaistalla saadaan kaikkien palvelutasojen välityskyky (hay/h) vähentämällä vastakkaissuuntainen liikennemäärä vihreätä tuntia kohti henkilöautoyksikköinä ilmaistuna 1200 hay:stä. Erotusta laskettaessa on kuitenkin aina vähennettävä ainakin 2 hay:tä liikennevalojaksoa kohti.

3. Lasketaan kohdissa 1, 2a ja 2b määritetyt liikennemäärät yhteen, jolloin saadaan tulohaaran palvelutason välityskyky.

Huom. Kuten edellisessäkin tapauksessa, saadaan tällä laskentamenetelmällä rakenteellisten ominaisuuksien mukainen välityskyky. Käytännön tehtävissä, joissa tunnetaan suoraan ajavien sekä vasemmalle ja oikealle kääntyvien ajoneuvojen määrät, saattaa suoraan menevän liikenteen määrä alentaa liittymään pääsevien kääntyvien ajoneuvojen määrän laskettua välityskykyä alhaisemmaksi.

Erillinen liikennevalovaihe mutta ei erillistä kaistaa. - Tällainen tilanne esiintyy silloin, kun tietyt kääntymissuunnat sallitaan suoraan menevän liikenteen liikennevalovaiheista poikkeavina aikoina, vaikka kääntymissuunnille ei ole varattu erillistä kaistaa. Tällöin sallittu kääntymissuunta osoitetaan vihreällä kääntymisnuolella varustetulla liikennevalolla. Tilanne esiintyy myös silloin, kun tietyn kadun vastakkaissuuntaisilla liikenneviroilla ei ole kokonaisuudessaan samanaikaisia vihreitä vaiheita. Esimerkkinä voidaan mainita "ennakkovihreä" tai "jälkivihreä", joilla keinoin

kääntyminen voidaan saada tapahtumaan osalla vaihetta vastakkaisen liikennesuunnan häiritsemättä. Tällaisissa tapauksissa erillisiä kaistoja ei ole osoitettu, mutta tarkoituksena on yleensä sallia häiriintymättömät kääntymisliikkeet. Laskentamenetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

1. Jos vastakkaissuuntaista liikennettä esiintyy, sovelletaan tavanomaisia liittymän välityskyvyn laskentamenetelmiä käyttämällä tulohaaran koko leveyttä kullekin erilaiselle liikennevalojen vaiheosalle.
2. Jos vasemmalle kääntyminen tapahtuu vastakkaissuuntaisen liikenteen häiritsemättä, lasketaan kunkin tällaisen vaiheosan välityskyky perusmenetelmillä, mutta vasempaan kääntyviä laskettaessa oletetaan kääntymisen tapahtuvan yksisuuntaiselta kadulta.
3. Lasketaan eri vaiheosille lasketut välityskyvyt yhteen, jolloin saadaan tulohaaran palvelutason välityskyky.

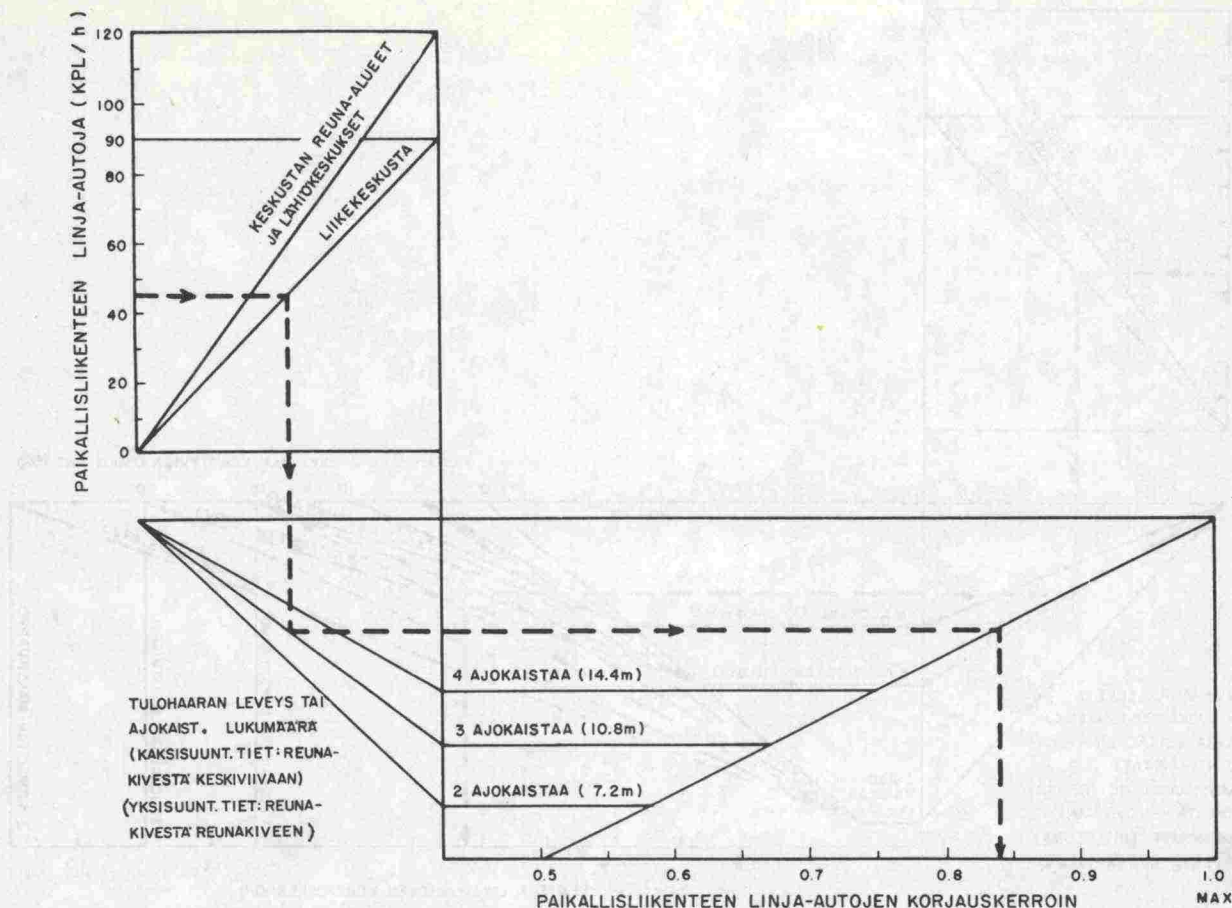
Edellä kuvatuissa menetelmissä oletetaan, että suoraan ajavat ajoneuvot joutuvat pysähtymään kääntyvän ajoneuvon taakse kunkin vaiheosan aikana samalla todennäköisyydellä kuin käytettäessä tavanomaista liikennevaloratkaisua samoissa olosuhteissa. Tämä oletamus ei pidä aina paikkaansa. Jos esimerkiksi vasempaan kääntyminen sallitaan vain ennakkovihreän aikana, mutta ei vastakkaissuuntaisen liikenteen poikki perusvihreän vaiheen aikana, vasen ajokaista tukkeutuu enemmän kuin yleisissä laskelmissa on oletettu.

Kuorma-autot ja pitkämatkaiset linja-autot

Vihreätä tuntia kohti lasketut ajoneuvomäärät täytyy seuraavassa vaiheessa korjata ottamalla huomioon kuorma-autojen ja pitkämatkaisten linja-autojen (jotka eivät pysähdy tutkittavalla kadulla) osuus. Liittymien välityskyvyn kuvaajat vastaavat keskimääräisiä kaupunkiseutujen huippuliikennejaksojen olosuhteita kuorma-autojen osuuden kannalta. Täksi osuudeksi todettiin 5 %. Muissa olosuhteissa täytyy välityskykyä vähentää 1 % jokaista prosenttiyksikköä kohti, jolla kuorma-autojen osuus ylittää 5 % tai lisätä 1 % kutakin prosenttiyksikköä kohti, jonka kuorma-autojen osuus on alle 5 % kokonaisajoneuvomäärästä. Taulukossa 6.6 on esitetty erilaisista kuorma-autojen prosenttiosuudesta johtuvat korjauskertoimet.

Paikallisliikenteen linja-autot

Paikallisliikenteen linja-autot, jotka ottavat ja jättävät matkustajia määrätyillä pysäkeillä tutkittavan kadun varrella, vaikuttavat liikenteen välityskykyyn huomattavasti enemmän kuin kuorma-autot ja pitkämatkaiset linja-autot. Kuten aikaisemmin mainittiin, vaihtelee niiden vaikutus huo-



Kuva 6.11

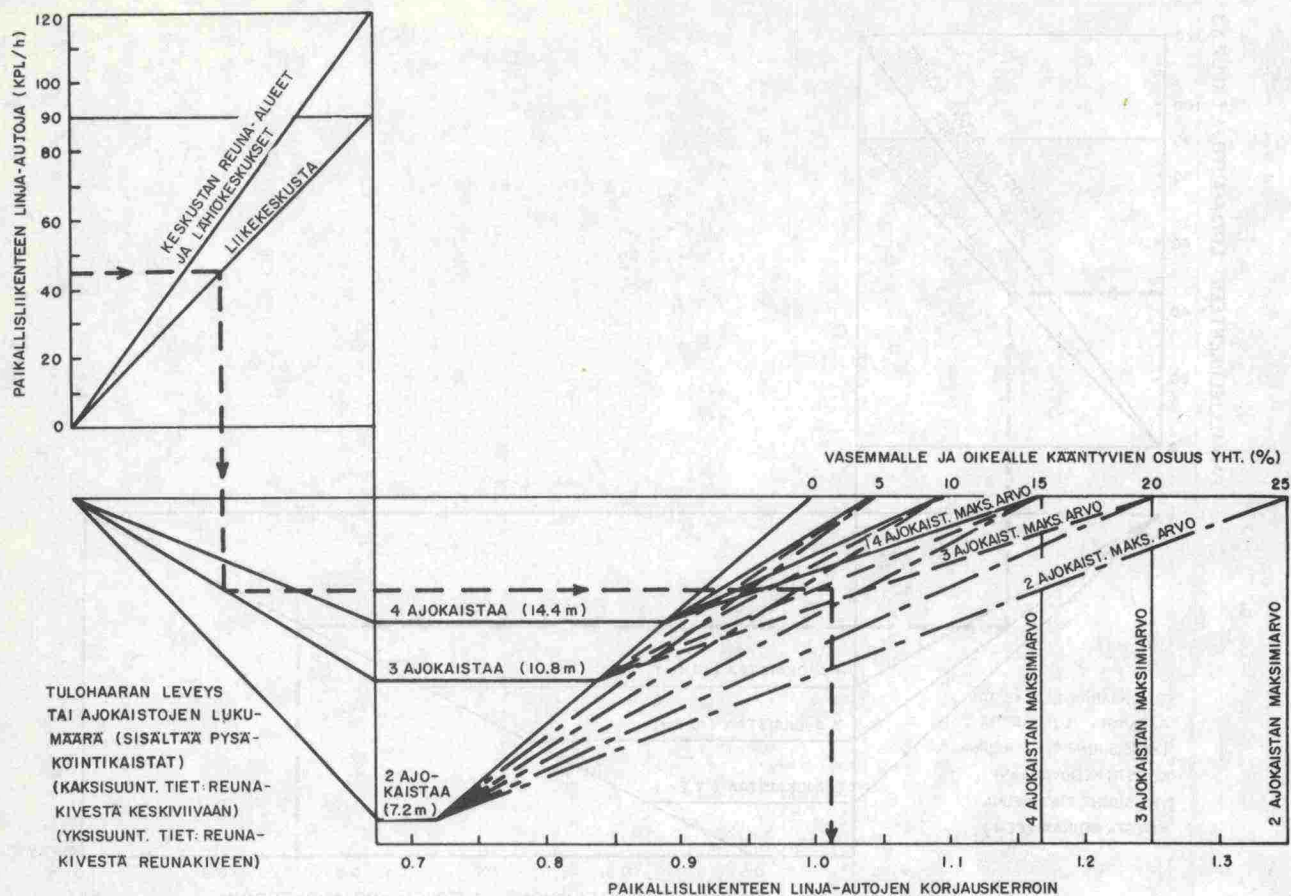
Paikallisliikenteen linja-autoista johtuvat korjauskertoimet pysäkin sijaitessa ennen liittymää kadulla, jolla pysäköinti on kielletty.

mattavasti riippuen tutkittavan alueen luonteesta, kadun leveydestä, pysäköintiolosuhteista, pysäkin sijainnista (liittymää ennen tai sen jälkeen tai korttelin varrella) sekä linja-autojen lukumäärästä.

Kuvissa 6.11 - 6.14 esitetyissä nomogrammeissa on osoitettu erilaisten paikallisliikenteen linja-automäärien vaikutukset sekä liittymää ennen että sen jälkeen sijaitsevien pysäkkien tapauksissa olosuhteissa, joissa pysäköinti on joko sallittu tai kielletty. Kuvista voidaan määrittää tarpeelliset korjauskertoimet lähes kaikkia käytännössä esiintyviä olosuhteita varten. Kuitenkaan esimerkiksi keskellä korttelia sijaitsevia pysäkkejä, keskellä katua sijaitsevia pysäkkejä sekä sellaisia pysäkkejä, joiden linja-automäärä on yli 90 keskikaupungilla tai 120 muualla, ei voida käsitellä suoraan nomogrammien mukaan. Joissakin tapauksissa nomogrammit voidaan muuntaa siten, että ne ottavat huomioon keskellä korttelia sijaitsevan pysäkin olosuhteet, mutta muissa em. tapauksissa ratkaisu edellyttää yksityiskohtaisia paikallisia tutkimuksia välityskyvyn määrittämiseksi. Esitetyt nomogrammit ovat suurelta osin vähäisten käytettävissä olevien tietojen perusteella laadittuja yleistyskysymyksiä.

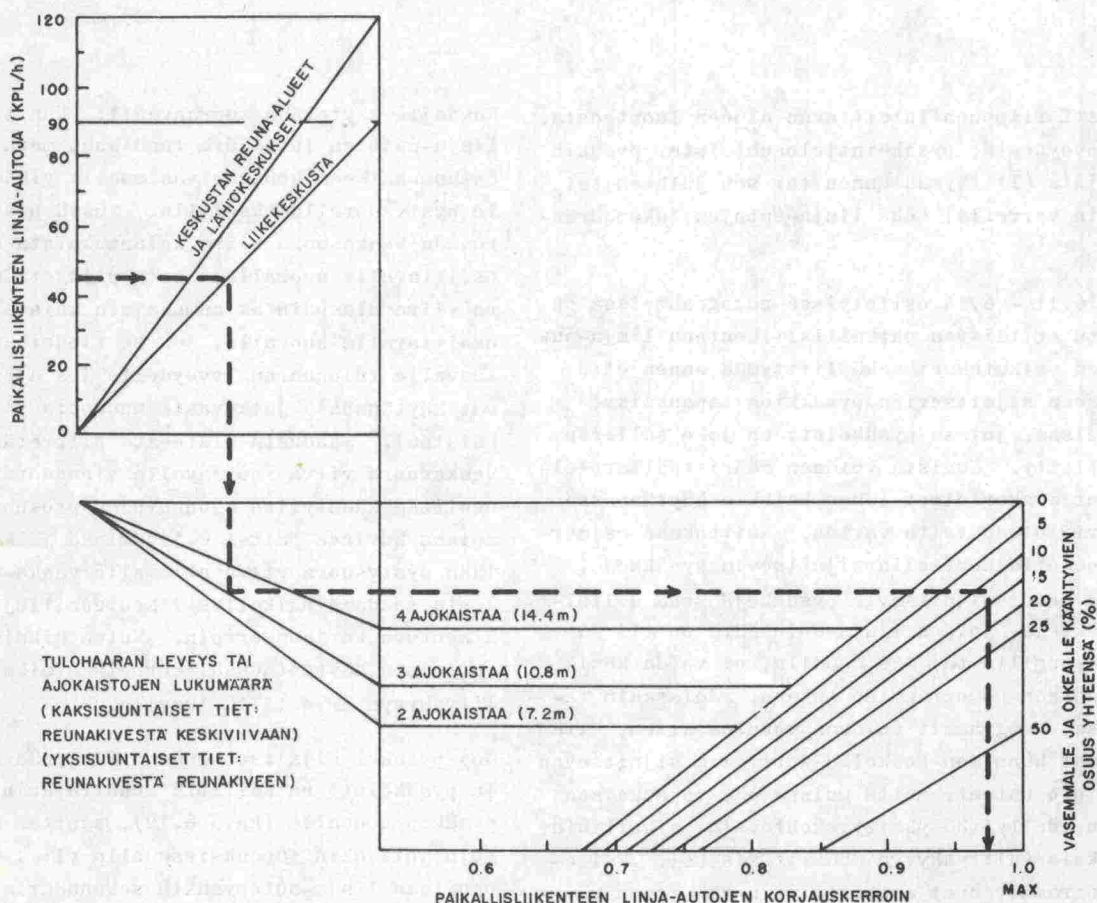
Kuvaajia käytetään seuraavasti: Kun tunnetaan linja-autojen lukumäärä tunnissa, merkitään se asianmukaiseen kohtaan vasemmalla ylhäällä olevalle pystysuoralle akselille. Tästä pisteestä piirretään vaakasuora viiva asianmukaista aluetyyppiä osoittavalle suoralle, josta piirretään pystysuora viiva alaspäin asianmukaista kaistalukumäärää osoittavalle suoralle, jos se tiedetään (tai vastaavalle tulohaaran leveydelle jos ajoneuvot eivät käytännössä jatkuvasti muodosta yhtä monta ajokaistaa). Saadusta pisteestä piirretään edelleen vaakasuora viiva seuraavalle vinosuoralle, joka osoittaa kääntyvien ajoneuvojen prosenttiosuuden muissa kuvissa paitsi 6.11, minkä jälkeen piirretään pystysuora viiva alimmalle vaaka-akselille, josta saadaan paikallisliikenteen linja-autoista aiheutuva korjauskerroin. Kuten aikaisempiakin kertoimia käytettäessä, kerrotaan aikaisempi välityskyvyn arvo tällä luvulla.

Jos pysäkki sijaitsee ennen liittymää kadulla, jolla pysäköinti on sallittu muualla kuin linja-autopysäkin kohdalla (kuva 6.12), saattaa korjauskerroin joissakin tapauksissa olla yli 1.0. Tämä osoittaa linja-autopysäkin sekundääristä käyttöä muun liikenteen ryhmittymiskaistana silloin, kun linja-autoa ei ole pysäkillä. Muissa kolmessa



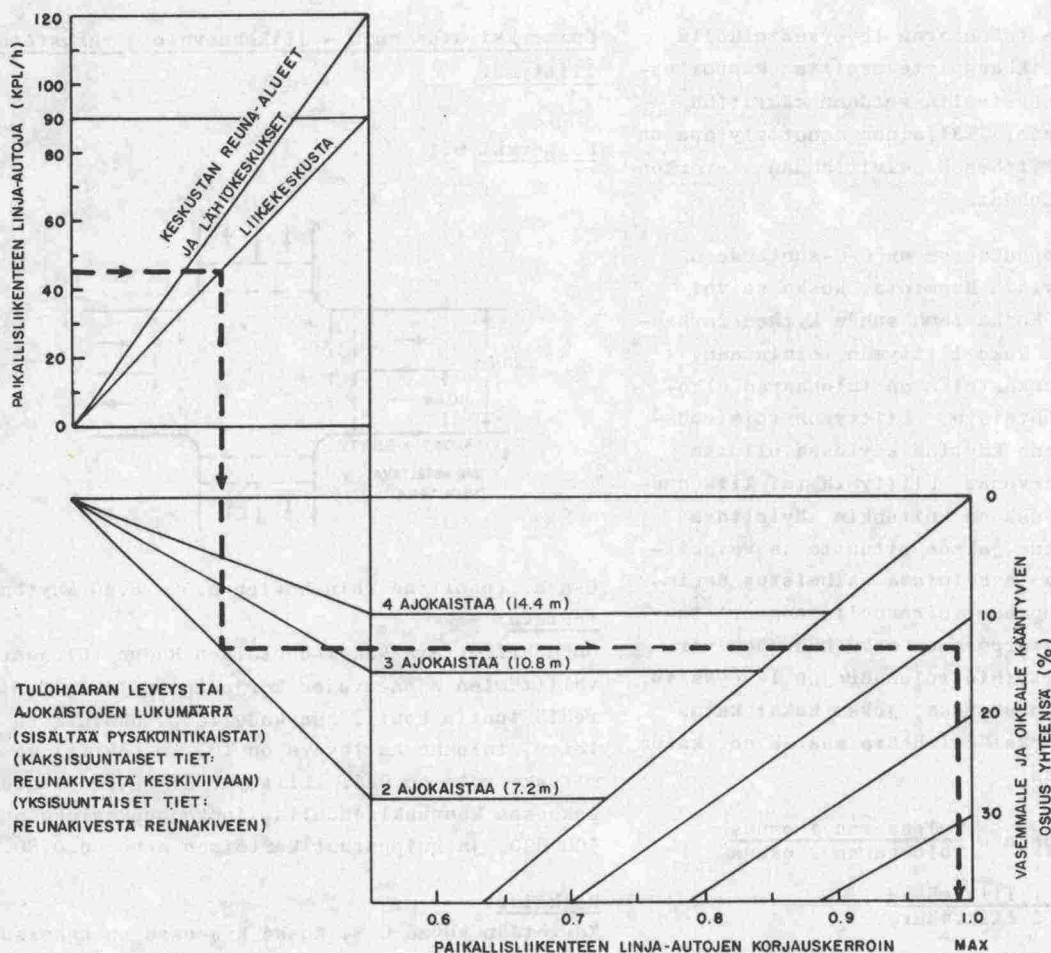
Kuva 6.12

Paikallisliikenteen linja-autoista johtuvat korjauskertoimet pysäkin sijaitessa ennen liittymää kadulla, jolla pysäköinti on sallittu.



Kuva 6.13

Paikallisliikenteen linja-autoista johtuvat korjauskertoimet pysäkin sijaitessa liittymän jälkeen kadulla, jolla pysäköinti on kielletty.



Kuva 6.14

Paikallisliikenteen linja-autoista johtuvat korjauskertoimet pysäkin sijaitessa liittymän jälkeen kadulla, jolla pysäköinti on sallittu.

tapauksessa eivät korjauskertoimet ole suurempia kuin 1.0. Jos näissä tapauksissa kääntyvien ajoneuvojen prosenttiosuutta osoittavan suoran ja piirrettävän suoran leikkauspiste joutuu kuvaajan ulkopuolelle (oikean reunan oikealle puolelle), tulisi käyttää kerrointa 1.0.

Pysäkin sijaitessa ennen liittymää kaduilla, joilla pysäköinti on sallittu (kuva 6.12) on kuvassa muista poiketen esitetty kolme suoraparvea, joilla otetaan huomioon kääntyvien ajoneuvojen prosenttiosuus erikseen 2-, 3- ja 4-kaistaisilla tulohaaroilla. Jos tunnetaan ainoastaan tulohaaran leveys, tulisi käyttää sitä suoraparvea, joka vastaa tunnettua leveyttä lähinnä pienempää leveysluokkaa.

Jos tulohaaran leveys on suurempi kuin kuvassa osoitettu, voidaan leveysasteikkoa jatkaa ekstrapoloimalla, mutta ekstrapoloinnin käyttäminen linja-autojen lukumäärän suhteen on kyseenalaista.

Laskentamenetelmien tulkinnat ja sovellutukset

Tähän asti esitetyt liittymien tulohaarojen välityskyvyn ja palvelutasojen välityskykyjen laskentamenetelmät koskevat tapausta, jossa tulohaaran leveys tunnetaan. Niissä oletetaan lisäksi, että kussakin yksittäisessä tehtävässä tiedetään toi-

vottu palvelutaso, jonka perusteella voidaan määrittää käytettävä kuormituskerroin, jonka perusteella puolestaan voidaan valita asianmukaisesta käyrästöstä oikea kuvaaja. Näin onkin asianlaita useissa liittymien toimintaa koskeissa tutkimuksissa, joissa pyritään selvittämään tulohaarojen toimintakyky ennalta määrättyillä palvelutasoilla.

Sikäli kuin toivottu palvelutaso tunnetaan, voidaan menetelmiä käyttää vaikeuksista sekä "eteenpäin" että "taaksepäin". Täten siis tunnettu liikennemäärä voidaan muuntaa ajoneuvoiksi vihreätä tuntia kohti jakamalla se aikaisemmin kuvatuilla eri kertoimilla. (On muistettava, että kaikkia tällaisia kertoimia, siis sekä kuvissa että tekstissä esitettyjä, käytetään.) Asianmukaisesta kuvaajasta voidaan toivotun palvelutason perusteella määrittävän kuormituskertoimen avulla laskea tarvittava tulohaaran leveys. Tätä menettelytapaa käytetään usein liittymiä suunniteltaessa.

Jos sensijaan palvelutaso on tuntematon ja se pyritään määrittämään, on tarkastelu aloitettava sekä pysty- että vaakasuoralta asteikolta yhtäaikaan. Tällaisissa tapauksissa on tunnettava tai arvioitava sekä liikennetarve että tulohaaran leveys. Tämän jälkeen liikennetarve muunnetaan ajoneuvoiksi vihreätä tuntia kohti. Liikennemääräasteikolta

piirretyn viivan ja tulohaaran leveysasteikolta piirretyn viivan leikkauspiste osoittaa kuormitus-kertoimen, jonka perusteella voidaan määrittää liittymän palvelutaso. Tällainen menettelytapa on käyttökelpoinen pyrittäessä selvittämään tieverkon huonosti toimivat kohdat.

Lähes jokaisessa tapauksessa on G/C-suhteeseen kiinnitettävä erityistä huomiota, koska se voi saada eri arvoja. Koska tämä suhde kytkee tarkasteltavan tulohaaran koko liittymän toimintaan, riippuu sen arvo tarkasteltavan tulohaaran ulkopuolisistakin olosuhteista. Liittymän toimivuus-tutkimuksissa voidaan käyttää käytössä ollutta G/C-suhdetta perusarvona. Liittymiä tai liikenne-valoja suunniteltaessa on kuitenkin käytettävä alustavasti arvioitua jakson pituutta ja vaiheis-tusta. Alustavissa laskelmissa vaiheistus useim-
miten arvioidaan suoraan verrannollisena eri tu-lohaarojen liikennetarpeeseen sekä kääntäen ver-rannollisena arviotuihin tulohaarojen leveyksiin. Yksinkertaisessa tapauksessa, jossa kaksi katua risteää, kummankin yksi tulohaara määrää ao. katua ja suhteeksi saadaan:

$$\text{Jakson jakosuhte} = \frac{\text{Tulohaaran 1 osuus}}{\text{Tulohaaran 2 osuus}}$$

$$= \frac{\text{Tulohaaran 1 liik.määrä}}{\text{Tulohaaran 2 liik.määrä}} \times$$

$$\frac{\text{Tulohaaran 2 leveys}}{\text{Tulohaaran 1 leveys}}$$

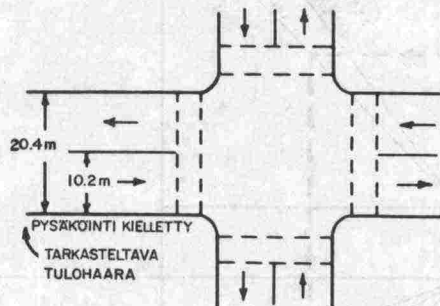
Kun ratkaisun arvot saadaan vähitellen tarkennet-tua, voidaan tulohaaran leveys korvata vihreän ajan määrällä tai päinvastoin tai toisaalta voi-daan päättää, ettei kaikilla tulohaaroilla palve-lutason tarvitse olla samanlainen. Kukin em-seikka vaikuttaa kokonaisongelman ratkaisuun. Tä-män vuoksi on tarkkaan ratkaisuun pääsemiseksi käy-tännössä suoritettava useita laskentakertoja, eli-lei G/C-suhde ole käytännössä etukäteen määrätty muista tekijöistä johtuen (esimerkiksi jalankulki-joiden kadun ylittämiseen tarvitseman ajan perus-teella, jos tämä on suurempi kuin ajoneuvoliiken-teen tarvitsema aika).

Joissakin tutkimuskohteissa voi liikenteen perus-piirteistä (kääntyvien ajoneuvojen osuudesta, kuorma-autojen osuudesta ja paikallisliikenteen linja-autojen määrästä) olla käytettävissä vain vajavaisia tietoja. Jos aikaisemmin kerätyt tie-dot ovat niin puutteellisia, että näitä arvoja ei voida kohtuullisen tarkasti edes arvioida, saatta-vat lyhytaikaiset kenttätutkimukset olla tarpeen. Uusien liittymien suunnitelmien tulee perustua parhaisiin käytettävissä oleviin liikenne-ennus-teisiin.

Seuraavaksi käsiteltävissä esimerkkiratkaisuissa on esitetty erilaisia tapoja, joilla laskentamene-telmiä voidaan soveltaa.

Esimerkkiratkaisuja - liikennevaloin varustetut liittymät

Esimerkki 6.1



Osa a. (osoittaa vain kuvien 6.5 - 6.10 käytön).

Tehtävä:

On määritettävä kaksisuuntaisen kadun tulohaaran välittämien ajoneuvojen korjaamaton lukumäärä vi-hreätä tuntia kohti, kun kadulla pysäköinti on kiel-letty, tulohaaran leveys on 10.2 m (34 ft) ja kuor-mituskerroin on 0.3. Liittymä sijaitsee lähiökes-kuksessa kaupunkiseudulla, jonka asukasluku on 500 000, ja huipputuntikertoimen arvo on 0.80.

Ratkaisu:

Käytetään kuvaa 6.8, koska kyseessä on kaksisuun-tainen katu, jolla pysäköinti on kielletty. Ku-van vaaka-asteikolta etsitään 10.2 m:n kohta ja piirretään siitä pystysuora viiva kuormituskerroin-ta 0.3 vastaavalle käyrälle. Tästä leikkauspis-teestä piirretään vaakasuora viiva vasemmanpuolei-selle liikennemääräasteikolle. Asteikolta saadaan liikennemääräksi 2380 ajon./vihreä tunti keskimää-räisissä olosuhteissa. Kuvassa esitetyistä ylempäs-tä taulukosta todetaan, että kaupungin väkiluvun ollessa 500 000 ja huipputuntikertoimen 0.80, saa-daankorjauskertoimeksi 1.02. Alemmasta taulu-kosta saadaan lähiökeskusta koskevaksi korjausker-toimeksi 1.25. Kerrotaan 2380 ajoneuvoa 1.02:lla ja 1.25:lla, jolloin palvelutason välityskyvyksi saadaan 3035 ajon./vihreä tunti.

Edellä määritetty lukuarvo ei ole lopullinen rat-kaisu, vaan ainoastaan asianmukaista peruskuvaaajaa ja siinä esitettyjä taulukkoja käyttämällä saatu välitulos. Saatu arvo täytyy tämän jälkeen korja-ta liikennevalojen vaiheistuksesta, kääntyvistä ajoneuvoista, kuorma-autoista ja linja-autopysä-keistä johtuvilla kertoimilla (kts. osa b).

Osa b. (liittymän palvelutason välityskyvyn mää-rittämisen loppuun saattaminen)

Tehtävä:

Osassa 1 esitetylle tulohaaralle on määritettävä sen todellinen palvelutason välityskyky seuraavis-sa olosuhteissa:

- Vihreätä aikaa on 25 s kaikilla tulohaaroilla jokaisen 60 sekunnin jakson aikana.

- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 15 % ja vasemmalle kääntyviä 5 %. Kääntyville ajoneuvoille ei ole varattu erillisiä kaistoja tai liikennevalovaihteita.
- Kuorma-autoja 2 %
- Paikallisliikenteen linja-autoja 45 kpl/h, jotka käyttävät ennen liittymää olevaa linja-autopysäkkiä.

Ratkaisu:

$$G/C\text{-suhde} = 25/60 = 0.42.$$

Taulukosta 6.4 saadaan oikealle kääntyvien ajoneuvojen 15 %:n osuuden korjauskertoimeksi 10.2 m leveällä tulohaaralla 0.99, kun pysäköinti on kielletty.

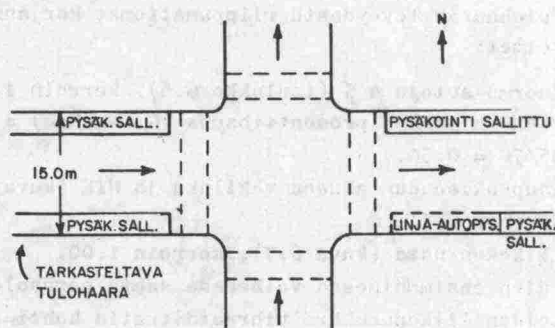
Taulukosta 6.5 saadaan vasempaan kääntyvien ajoneuvojen 5 %:n osuuden korjauskertoimeksi 10.2 m leveällä tulosuunnalla 1.05, kun pysäköinti on kielletty.

Taulukosta 6.6 saadaan kuorma-autojen 2 %:n osuuden korjauskertoimeksi 1.03.

Kuvasta 6.11 saadaan 45 linja-autoa vastaavaksi korjauskertoimeksi 0.87, kun linja-autot käyttävät ennen liittymää olevaa pysäkkiä kadulla, jolla pysäköinti on kielletty ja joka sijaitsee lähiökeskuksessa.

Kerrotaan osassa a) saatu arvo näillä kertoimilla, jolloin saadaan $3035 \times 0.42 \times 0.99 \times 1.05 \times 1.03 \times 0.87 = 1190$ ajon./h. Tämä on tulohaaran todellinen palvelutason välityskyky vallitsevissa olosuhteissa. Kuormituskertoimen arvo oli 0.3, joka taulukon 6.3 mukaan on liittymien palvelutason C alaraja. Täten näissä olosuhteissa saatu liikennemäärän arvo vastaa palvelutason C välityskykyä.

Esimerkki 6.2



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Yksisuuntainen katu, joka risteää toisen yksisuuntaisen kadun kanssa.
- Tarkastellaan läntistä tulohaaraa, jonka leveys on 15.0 m (50 ft).
- Pysäköinti sallittu molemmilla puolilla.
- Keskustan reuna-alue.
- Kaupunkiseudun asukasluku 175 000.
- Huipputuntikerroin 0.75.
- Noin 10 kuormitettua jaksoa tunnissa.
- Jakson pituus 60 s.

- Vihreätä aikaa 30 s per jakso.
- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja ei ole (kääntymisen mahdotonta).
- Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 8 % (ei erillistä kaistaa tai liikennevalovaihetta).
- Kuorma-autoja 7 %.
- Paikallisliikenteen linja-autoja 10 kpl/h. Pysäkki liittymän jälkeen.
- Korkein alueella normaalisti havaittu kuormituskerroin 0.90, joka vastaa liikenteenvälityskykyä.

Määrittä:

- Palvelutason välityskyky annetuissa olosuhteissa.
- Liikenteenvälityskyky.

Ratkaisu:

- Palvelutason välityskyky annetuissa olosuhteissa.

Käytetään kuvaa 6.7. Kun tulohaaran leveys on 15.0 m ja kuormituskerroin = $(10 \text{ kuormitettua jaksoa}) / (60 \text{ jaksoa/h}) = 0.17$, saadaan kuvaajasta liikennemääräksi 2600 ajoneuvoa/vihreä tunti. Kuvan taulukosta saadaan huipputuntikerrointa 0.75 ja väkilukua 175 000 vastaavaksi korjauskertoimeksi 0.87. Samoin keskustan reuna-aluetta varten korjauskerroin 1.00 (siis ei tarvita korjauskerrointa). Täten saadaan $2600 \times 0.87 \times 1.00 = 2260$ ajon./vihreä tunti, joka on liikennevaloista ja liikenteestä johtuvilla tekijöillä korjaamaton arvo.

$$G/C\text{-suhde} = 30/60 = 0.50.$$

Oikealle kääntyvien ajoneuvojen 0 %:a vastaava korjauskerroin (taulukosta 6.4) = 1.00, kun tulohaaran leveys on yli 12 m ja pysäköinti on sallittu.

Vasempaan kääntyvien ajoneuvojen 8 %:a vastaava korjauskerroin (taulukosta 6.4) = 1.00 kun tulosuunnan leveys on yli 12 m ja pysäköinti sallittu. (Huomaa että taulukkoa 6.5 ei käytetty koska tarkasteltavana on yksisuuntainen katu.)

Kuorma-autojen 7 % osuutta vastaava korjauskerroin (taulukosta 6.6) = 0.98.

Linja-autoista johtuva korjauskerroin (kuvasta 6.14) = 1.00 eli maksimiarvo, kun linja-autoja on 10 kpl/h ja pysäkki sijaitsee liittymän jälkeen.

Täten saadaan palvelutason välityskyvyksi $2260 \times 0.50 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.98 \times 1.00 = 2260 \times 0.49 = 1110$ ajon./h. Koska kuormituskerroin on 0.17, toimii liittymä palvelutasolla C.

b) Liikenteenvälityskyky

Liikenteenvälityskykyä määritettäessä edellä esitetyt laskelmat eivät muutu kuin kuormituskertoimen ja mahdollisesti huipputuntikerroimen osalta.

Annetuista olosuhteista ilmenee, että liikenteenvälityskyvyn arvo saavutetaan tavallisesti kuormituskertoimella 0.90 kyseisessä kaupungissa.

- 1) Liikenteenvälityskyky nykyisissä yleistä liikennetarvetta kuvaavissa olosuhteissa (HTK = 0.75):

Kuvasta 6.7 saadaan 15.0 m leveälle tulohaaralle liikennemääräksi 3800 ajon./vihreä tunti kuormituskertoimella 0.90.

Korjauskertoimien arvoja voidaan käyttää sellaiseen edellisen kohdan mukaisesti.

Kertomalla aikaisemmin määritetyillä kahdella yhdistetyllä korjauskertoimella saadaan liikenteenvälityskyvyksi $3800 \times 0.87 \times 0.49 = 1620$ ajon./h (jolloin siis KK = 0.9 ja HTK = 0.75).

Tulevaisuudessa, kun liikennetarve kasvaa, huippuuntuntikerroin tulee vähitellen kasvamaan ja saattaa ajan mittaan olla 0.95 (kuormituskerroin pysyy arvossa 0.90).

- 2) liikenteenvälityskyky tulevaisuuden liikennetarpeen olosuhteissa (HTK = 0.95):

Kuvaajasta saatava liikennemäärä säilyy ennallaan, eli on 3800 ajon./vihreä tunti.

Uusi, huippuuntuntikerrointa 0.95 ja asukaslukua 175 000 vastaava korjauskerroin on 1.07.

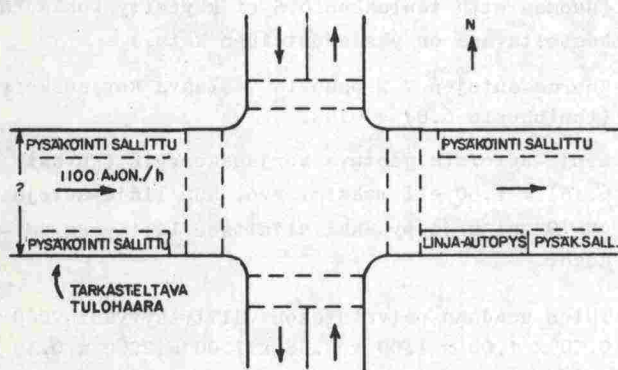
Keskustan reuna-alueen korjauskerroin on ennallaan 1.00.

Liikennevaloista ja liikenneolosuhteista johtuva korjauskerroin pysyy ennallaan eli on 0.49.

Liikenteenvälityskyky = $3800 \times 1.07 \times 1.00 \times 0.49 = 1990$ ajon./h (jolloin KK = 0.90 ja HTK = 0.95).

On huomattava, että kun huippuuntuntikerroin käytännössä saavuttaa arvon 0.95, on todennäköistä, että muiden muuttujien arvot myös muuttuvat jopa kaupunkiseudun väkiluku mukaanluettuna, jolloin edellä esitetty ennuste on todennäköisesti liiaksi yksinkertaistettu.

Esimerkki 6.3



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Itä-länsisuuntainen yksisuuntainen katu risteää kaksisuuntaisen pohjoisesta etelään kulkevan kadun kanssa.
- Tarkastellaan läntistä tulohaaraa, jonka liikennetarve on 1100 ajon./h.
- Liikekeskusta.
- Kaupunkiseudun väkiluku on 500 000.

- Huippuuntuntikerroin 0.90.
- Jakson pituus 70 s.
- Vihreän ajan pituus 35 s (jota ei voida pidentää poikittaiskadun vaatimuksista johtuen).
- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 3 %.
- Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 5 %.
- Kuorma-autoja 4 %.
- Paikallisliikenteen linja-autoja 20 kpl/h. Linja-autopysäkki sijaitsee liittymän jälkeen.
- Liittymältä toivotaan palvelutasoa C.

M ä ä r i t ä :

- Annetun liikennetarpeen välittämiseksi tarpeellinen tulohaaran leveys palvelutasolla C kun a) pysäköinti on sallittu molemmilla puolilla ja b) pysäköinti on kielletty
- Kuinka paljon pysäköinti vähentää tulohaaran teollista leveyttä?

Ratkaisu:

- a) Pysäköinti sallittu molemmilla puolilla.

Muunnetaan liikennetarve ajoneuvoiksi vihreätä tuntia kohti peruskuvajissa otaksutuissa olosuhteissa. (Kaikki kertoimet saadaan suoraan taulukoista, mutta laskelmissa on käytettävä niiden käänteisarvoja, koska muunnos tapahtuu todellisista olosuhteista kuvaajien olosuhteiksi).

Kääntyvien ajoneuvojen ja paikallisliikenteen linja-autojen huomioon ottamiseksi täytyy arvioida tulohaaran leveys peruskuvajaa (tässä tapauksessa kuva 6.7) tarkastelemalla, ennenkuin korjauskertoimet saadaan taulukosta 6.4. Tämän vuoksi on parasta selvittää muut kertoimet ensin ja määrittää niiden vaikutus liikennemäärän arvoon, jotta tulohaaran leveys voitaisiin arvioida riittävän tarkasti, ja jotta arvion tarkistaminen olisi helppoa.

Tulohaaran leveydestä riippumattomat korjauskertoimet:

Kuorma-autoja 4 % (taulukko 6.6), kerroin 1.01.
Vihreän jakson prosenttiosuus (G/C-suhde) = $35/70 = 0.50$.

Kaupunkiseudun alueen väkiluku ja HTK (kuva 6.7), kerroin 1.11.

Liikekeskusta (kuva 6.7), kerroin 1.00.

Täten ensimmäisessä vaiheessa saatu perusolosuhteiden liikennemäärä vihreätä tuntia kohti = $1100 / (1.01 \times 0.50 \times 1.11 \times 1.00) = 1963$ ajon./vihreä tunti.

Taulukosta 6.3 saadaan palvelutasolle C kuormituskertoimen arvo 0.3.

Kuvasta 6.7 saadaan kuormituskertointa 0.3 vastaavaksi tulohaaran leveydeksi 11.7 m (39 ft).

Tulohaaran leveydestä ja pysäköintiolosuhteista riippuvat korjauskertoimet:

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 3 % (taulukko 6.4), kerroin 1.015.

Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 5 % (taulukko 6.4) kerroin 1.01.

Esimerkki 6.4

Paikallisliikenteen linja-autoja 20 (kuva 6.14, tulohaaran leveys 11.7 m ja kääntyvien ajoneuvojen kokonaismäärä 8 %), kerroin 1.00 (maksimiarvo).

Toisessa vaiheessa saatu perusolosuhteiden liikennemäärä vihreätä tuntia kohti = $1963 / (1.015 \times 1.01 \times 1.00) = 1910$ ajon./vihreä tunti.

Kuvasta 6.7 saadaan kuormituskerrointa 0.3 vastavaksi leveydeksi 11.4 m (38 ft). Koska oletettu tulohaaran leveys osoittautui lähes oikeaksi, ei uusi laskentakierros ole tarpeen, koska korjauskertoimien arvot eivät muutu.

Lopullinen tulohaaran leveys pysäköinnin ollessa sallittu palvelutasolla C on 11.4 m.

b) Pysäköinti kielletty

Menetelmä on sama kuin a)-kohdassa, mutta käytetään kuvaa 6.5.

Tulohaaran leveydestä riippumattomat korjauskertoimet:

Kuorma-autojen osuus 4 % (taulukko 6.6), kerroin 1.01.

Vihreän vaiheen prosenttiosuus (G/C-suhde) = $35/70 = 0.50$.

Kaupunkiseudun asukasluku ja IITK (kuva 6.5), kerroin 1.11.

Liikekeskusta (kuva 6.5), kerroin 1.00.

Ensimmäinen saatu perusolosuhteiden liikennemäärä vihreätä tuntia kohti = $1100 / (1.01 \times 0.50 \times 1.11 \times 1.00) = 1963$ ajon./vihreä tunti.

Kuvasta 6.5 saadaan kuormituskerrointa 0.3 vastavaksi tulohaaran leveydeksi 7.2 m (24 ft).

Tulohaaran leveydestä ja pysäköintiolosuhteista riippuvat korjauskertoimet:

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 3 % (taulukko 6.4) kerroin 1.035.

Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 5 % (taulukko 6.4), kerroin 1.025.

Paikallisliikenteen linja-autoja 20 (kuva 6.13), kerroin 0.99.

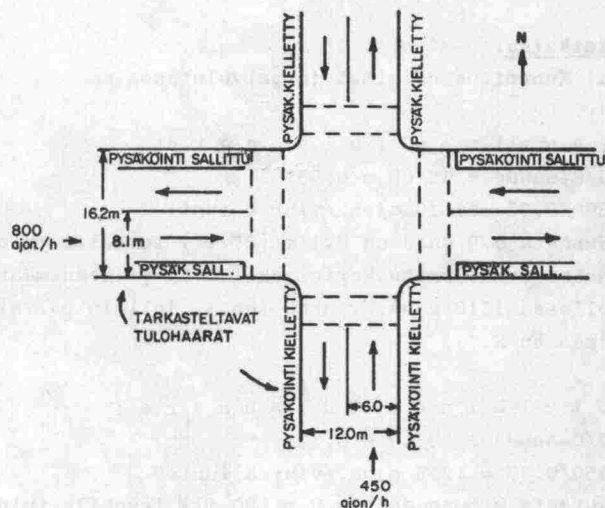
Toinen saatu perusolosuhteiden liikennemäärä vihreätä tuntia kohti = $1963 / (1.035 \times 1.025 \times 0.99) = 1870$ ajon./vihreä tunti.

Kuvasta 6.5 saadaan kuormituskerrointa 0.3 vastavaksi tulohaaran leveydeksi 6.9 m (23 ft). Täten oletettu tulohaaran leveys on hyväksyttävä, koska korjauskertoimien erot olisivat merkityksettömiä.

Lopullinen tulohaaran leveys pysäköinnin ollessa kielletty palvelutasolla C on 6.9 m.

Johtopäätös:

Pysäköinti vähentää kadun tehollista leveyttä $11.4 \text{ m} - 6.9 \text{ m} = 4.5 \text{ m}$ palvelutasolla C.



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Itä-länsisuuntainen kaksisuuntainen katu, jolla pysäköinti on sallittu molemmin puolin, risteää pohjois-eteläsuuntaisen kaksisuuntaisen kadun kanssa, jolla pysäköinti on kielletty. Katujen leveydet kuvan mukaisia.
- Liikekeskusta⁽¹⁾
- Kaupunkiseudun väkiluku on 250 000⁽¹⁾.
- Huipputuntikerroin 0.85⁽¹⁾.
- Jakson pituus 60 s, 2 vaihetta.
- Vihreä aika itä-länsisuunnassa 32 s, pohjois-eteläsuunnassa 22 s.
- Keltainen aika 3 s molemmilla kaduilla.
- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 10 % kaikilla tulohaaroilla⁽¹⁾
- Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 10 % kaikilla tulohaaroilla⁽¹⁾
- Kuorma-autoja 5 % kaikilla tulohaaroilla⁽¹⁾
- Paikallisliikenteen linja-autoja ei ole⁽¹⁾
- Huippuliikennetarve itä-länsisuuntaisella kadulla 800 ajon./h läntisellä tulohaaralla.
- Huippuliikennetarve pohjois-eteläsuuntaisella kadulla 450 ajon./h eteläisellä tulohaaralla.

M ä r i t ä :

- a) Läntisellä ja eteläisellä tulohaaralla vallitseva kuormituskerroin ja palvelutaso.
- b) Tarkistettu liikennevalojen vaihteistus, jolla saadaan aikaan samanlainen palvelutaso molemmille kaduille.
- c) Läntisellä tulosuunnalla esiintyvä kuormituskerroin, jos pysäköinti olisi kielletty.

(1) Vastaa keskimääräisiä olosuhteita, joihin kuvaajat perustuvat. Olosuhteiden huomioon ottaminen tämän tehtävän ratkaisussa ei ole tarpeen, koska käytetään toista ratkaisumenetelmää.

Ratkaisu:

a) Kuormituskertoimet ja palvelutasot.

L ä n t t i n e n t u l o h a a r a :

$$G/C\text{-suhde} = 32/60 = 0.53.$$

$$800/0.53 = 1510 \text{ ajon./vihreä tunti}$$

Kuvasta 6.9 saadaan 8.1 m (27 ft) leveälle tulohaaralle kuormituskertoimeksi 0.75 liikennemäärän ollessa 1510 ajon./vihreä tunti, jolloin palvelutaso on E.

E t e l ä i n e n t u l o h a a r a :

$$G/C\text{-suhde} = 22/60 = 0.37.$$

$$450/0.37 = 1215 \text{ ajon./vihreä tunti.}$$

Kuvasta 6.8 saadaan 6.0 m (20 ft) leveälle tulohaaralle kuormituskertoimeksi 0.00 liikennemäärän ollessa 1215 ajon./vihreä tunti, jolloin palvelutaso on A.

b) Tarkistettu jakson vaiheistus yhdenmukaiselle palvelutasolle.

Pyritään tasapainotilaan soveltamalla suoraan keskimääräistä palvelutasoa.

$$\text{Keskimääräinen kuormituskerroin} = 0.38.$$

Läntiselle tulohaaralle saadaan kuvasta 6.9 palvelutason välityskyvyksi 1380 ajon./vihreä tunti.

$$G/C = (\text{ajon.h})/(\text{ajon./vihreä tunti}).$$

$$G/60 = 800/1380$$

$$G = 35 \text{ s}$$

Eteläiselle tulohaaralle saadaan kuvasta 6.8 palvelutason välityskyvyksi 1450 ajon./vihreä tunti.

$$G/60 = 450/1450$$

$$G = 19 \text{ s.}$$

Tarkistetaan uuden jakson pituus:

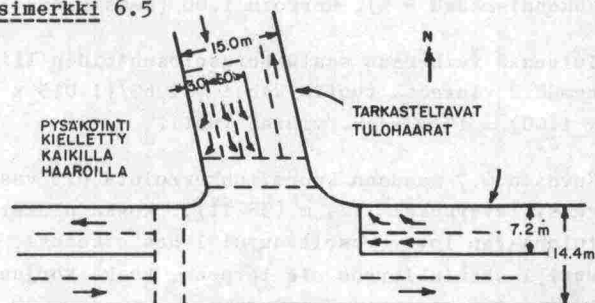
$$35 + 19 + 3 + 3 = 60 \text{ s, joka on oikea.}$$

Tässä tapauksessa ensimmäinen tasapainoitusyritys osoittautui oikeaksi. Jos uusi jakso ei olisi ollut oikean pituinen, olisi halutun ja saadun jakson pituuden ero jaettu vihreiden aikojen suhteessa ja palvelutaso tarkistettu uudelleen.

c) Läntisen tulohaaran kuormituskerroin annetuissa olosuhteissa, kun pysäköinti olisi kielletty.

Kuvasta 6.8 saadaan 8.1 m (27 ft) leveälle tulosuunnalle kuormituskertoimeksi 0.00 liikennemäärän ollessa 1510 ajon./vihreä tunti, jolloin tuloksenä on palvelutaso A.

Täten pysäköinnin kieltäminen läntisellä tulohaaralla parantaisi sen palvelutasoa lähes välityskykyä vastaavista olosuhteista, joissa ruuhkautumia ilmenee, hyvin vapaiksi ajo-olosuhteiksi, joissa yhtään vaihetta ei ole täysin kuormitettu.

Esimerkki 6.5Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- T-liittymä, jossa liittymäkulma poikkeaa hieman suorasta kulmasta. Katujen leveydet kuvan mukaisia.
- Kaikilla tulohaaroilla kaksisuuntainen liikenne, pysäköinti kielletty kaikilla kaduilla.
- Pohjoisella tulohaaralla keskiviiva geometrisesta keskilinjasta poikkeava, jolloin tulohaaralla on 2 kaistaa varattu vasempaan kääntyville ja 1 oikealle kääntyville ajoneuvoille.
- Lähiökeskus.
- Kaupunkiseudun väkiluku 375 000.
- Huipputuntikerroin 0.90.
- Liikennevalojakson pituus 70 s, 2 vaihetta.
- Vihreä aika pohjoisella haaralla 35 s, läpimenevällä kadulla 29 s.
- Keltainen aika 3 s kummassakin vaiheessa.
- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja pohjoisella tulohaaralla 20 %, jotka käyttävät kääntyville ajoneuvoille varattua ajokaistaa, ja itäisellä tulohaaralla 40 %, jotka käyttävät niille varattua kaistaa.
- Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja pohjoisella tulohaaralla 80 % kahdella niille varatulla ajokais-talla.
- Kuorma-autoja 7 %.
- Ei paikallisliikenteen linja-autoja.
- Pohjois-eteläsuuntaisella suojatiellä jalankulkijoiden lukumäärä on huomattava, mutta itä-län-sisuuntaisella suojatiellä jalankulkijoita on vähän.
- Liittymältä toivotaan palvelutasoa C.

M ä ä r i t ä :

Palvelutason C välityskyky pohjoisella ja itäisellä tulohaaralla.

Ratkaisu:

P o h j o i n e n t u l o h a a r a :

Kuvan osoittamassa T-liittymässä raskaampi kääntymissuunta käsitellään samoin kuin suoraan ajavat

ajoneuvot tavallisesti. Koska oikealle kääntyville ajoneuvoille on varattu oma ajokaistansa, sovelletaan laskentatilannetta, jossa erillinen ajokaista on, mutta ei erillistä liikennevalovaihetta.

Vasempaan kääntyville ajoneuvoille varatut ajokaistat:

Käytetään kuvaa 6.8 tarkasteltaessa raskaampaa kääntymissuuntaa, joka tällöin kuvitellaan suoraan meneviksi ajoneuvoiksi, joilla tulosuunnan käytävissä oleva leveys on 6.0 m (20 ft).

Tulohaaran leveyden ollessa 6.0 m ja kuormituskerroin 0.3 saadaan palvelutason välityskyvyksi 1400 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Väkiluku 375 000 ja huipputuntikerroin 0.90 (kuva 6.8), kerroin 1.06.

Lähiökeskus (kuva 6.8), kerroin 1.25.

G/C-suhde = $35/70 = 0.50$

Oikealle kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa), kerroin 1.05.

Vasempaan kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa), kerroin 1.10.

(Huomaa, että vaikka kääntyviä ajoneuvoja ei oleteta olevan, ovat korjauskertoimet tarpeelliset, koska korjaamatonta arvoa vastaa kääntyvien ajoneuvojen osuus 10 %.

Kuorma-autoja 7 % (taulukko 6.6), kerroin 0.98.

$1400 \times 1.06 \times 1.25 \times 0.50 \times 1.05 \times 1.10 \times 0.98 = 1050$ ajon./h, joka on kahden vasemmanpuoleisen ajokaistan palvelutasoa C vastaava välityskyky.

Oikealle kääntyville ajoneuvoille varattu ajokaista (käytetään perustetta "erillinen ajokaista - ei erillistä liikennevalovaihetta"):

Koska pohjois-eteläsuuntaisella suojatiellä jalankulkijoiden määrä on huomattava, käytetään kaavaa $600 \times G/C$, jolla saadaan liikennemäärä hay/h:na sekä suoritetaan kuorma-autoista johtuva korjaus. $600 \times (35/75) \times 0.98 = 294$ ajon./h, joka on oikeanpuoleisen ajokaistan palvelutason C välityskyvyn raja-arvo,

Määritetään määrävä liikennevirta, kun liikennetarpeen jakautuma tunnetaan:

1050 ajon./h "suoraan ajavia" = 80 % kokonaisliikennetarpeesta.

$1050/0.80 = 1312$ ajon./h joka on kokonaisliikennetarve olettaen, että "suoraan menevät" ajoneuvot ovat määrävä liikennemäärä.

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja on $0.20 \times 1312 = 262$ ajon./h, joka on suurin oikealle kääntyvien ajoneuvojen määrä, joka voi palvelutasolla C päästä liittymään liikennetarpeen jakautuman ollessa annetun suuruinen.

Koska 262 ajon./h < 294 ajon./h, on tulos hyväksyttävä ja "suoraan ajavat" eli tässä tapauksessa vasemmalle kääntyvät ajoneuvot muodostavat määrävän liikennevirran.

Lopullinen pohjoisen tulohaaran palvelutason C välityskyky on $1050 + 262 = 1312$ ajon./h, kun 80 % ajoneuvoista kääntyy vasempaan ja 20 % oikealle.

Itäinen tulohaara:

Suoraan ajaville ajoneuvoille varattu ajokaista: Käytetään kuvaa 6.8.

Kun tulohaaran leveys on 3.6 m (12 ft) ja kuormituskerroin 0.3, saadaan palvelutason välityskyvyksi 750 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Väkiluku 375 000 ja huipputuntikerroin 0.90 (kuva 6.8), kerroin 1.06.

Lähiökeskus (kuva 6.8), kerroin 1.25.

G/C-suhde $29/70 = 0.41$.

Oikealle kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa), kerroin 1.20.

Vasemmalle kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa), kerroin 1.30.

Kuorma-autoja 7 %, kerroin 0.98.

$750 \times 1.06 \times 1.25 \times 0.41 \times 1.20 \times 1.30 \times 0.98 = 625$ ajon./h, joka on suoraan ajaville ajoneuvoille varatun ajokaistan palvelutasoa C vastaava välityskyky.

Oikealle kääntyvien ajoneuvojen ajokaista (käytetään perustetta "erillinen ajokaista - ei erillistä liikennevalovaihetta"):

Koska itä-länsisuuntaisella suojatiellä on vähän jalankulkijoita, voidaan laskentaperusteena käyttää erillisen liikennevalovaiheen laskentamenetelmää.

Palvelutasolla C käytetään liikennemääränä 800 ajon./h.

$800 \times (29/70) \times 0.98 = 325$ ajon./h, joka on palvelutason C välityskyvyn raja-arvo.

Määritetään määrävä liikennevirta, kun liikennetarpeen jakautuma tunnetaan:

Suoraan meneviä ajoneuvoja 625 ajon./h = 60 % kokonaisliikennetarpeesta $625/0.60 = 1040$ ajon./h, joka on suoraan ajavien ajoneuvojen perusteella määritetty kokonaisliikennemäärä.

Oikealle kääntyviä = $0.40 \times 1040 = 416$ ajon./h, joka on saapuvien ajoneuvojen maksimimäärä, jos suoraan ajavien ajoneuvojen määrä tahdotaan pitää palvelutason C rajoissa.

$416 > 325$, joten tulos ei ole hyväksyttävä.

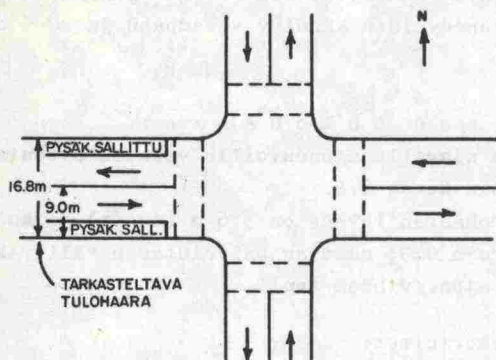
Todetaan siis, että oikealle kääntyvien ajoneuvojen ajokaista on määrävä eikä suoraan ajavien ajoneuvojen ajokaista.

$325/0.40 = 813$ ajon./h, joka on kokonaisliikennemäärä, kun oikealle kääntyviä ajoneuvoja pidetään määrävänä tekijänä.

$813 \times 0.60 = 488$ ajon./h, joka on lopullinen suoraan ajavien ajoneuvojen määrä.

Lopullinen palvelutason C välityskyky itäisellä tulohaaralla on 813 ajon./h.

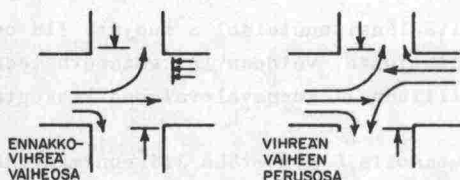
Esimerkki 6.6



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Kahden kaksisuuntaisen kadun liittymä.
- Tarkastellaan läntistä tulohaaraa.
- Pysäköinti sallittu molemmilla puolilla.
- Lähiökeskus.
- Kaupunkiseudun väkiluku on 100 000.
- Huipputuntikerroin 0.75
- Valojen vaiheistus:
Jakson kokonaispituus 70 s.
"Ennakkovihreä", jolloin vastakkaissuuntainen liikenne ei vielä liiku, kaikille läntisen tulohaaran liikennevirroille 15 s.
Vastakkaissuuntaisen liikenteen aikana vihreä aika kaikille liikennevirroille 20 s.



- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 15 %.
- Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 20 %.
- Kuorma-autoja 3 %.
- Paikallisliikenteen linja-autoja ei ole.

Määritä

Palvelutason D välityskyky läntisellä tulohaaralla.

Ratkaisu:

Käytetään kuvaa 6.9.

Kuormituskerroin palvelutasolla D taulukosta 6.3 on 0.7.

Kun tulohaaran leveys on 9.0 m (30 ft) ja kuormituskerroin 0.7 saadaan liikennemääräksi 1700 ajon./vihreä tunti.

Määritetään korjauskertoimet, joihin liikennevalojen vaiheistus ei vaikuta:

Väkiluku on 100 000 ja HTK = 0.75 (kuva 6.9), kerroin 0.85.

Lähiökeskus (kuva 6.9), kerroin 1.25.

Kuorma-autoja 3 % (taulukko 6.6), kerroin 1.02

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 15 % (taulukko 6.4), kerroin 0.99.

$1700 \times 0.85 \times 1.25 \times 1.02 \times 0.99 = 1820$ ajon./vihreä tunti, joka on kuvaajasta saatu liikennemäärä korjattuna kaikilla tehtävässä vakiona pysyvillä korjauskertoimilla.

a) "Ennakkovihreä" -vaihe

Ei vastaantulevaa liikennettä, jolloin vasempaan kääntyvät ajoneuvot käsitellään samoin kuin yksisuuntaisella kadulla.

Korjauskertoimet:

G/C-suhde = $15/70 = 0.21$.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 20 % (taulukko 6.4, vasempaan kääntyminen yksisuuntaiselta kadulta), kerroin 0.975.

$1820 \times 0.21 \times 0.975 = 370$ ajon./h.

b) Normaalivihreä vaihe

Vastaantulevaa liikennettä on.

Korjauskertoimet:

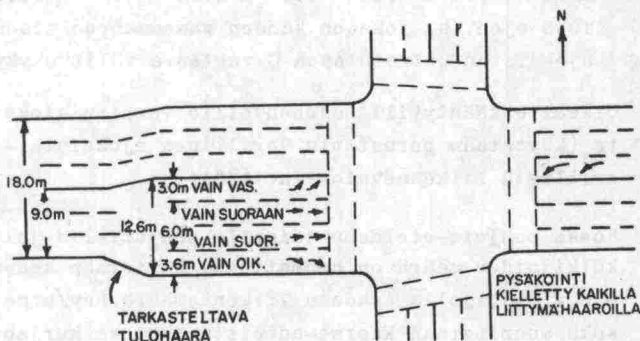
G/C-suhde = $20/70 = 0.29$.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 20 % (taulukko 6.5), kerroin 0.90.

$1820 \times 0.29 \times 0.90 = 475$ ajon./h

c) Läntisen tulohaaran palvelutason D välityskyky = $370 + 475 = 845$ ajon./h.

Esimerkki 6.7



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Kahden kaksisuuntaisen kadun liittymä.
- Tarkastellaan läntistä tulohaaraa olosuhteissa
a) tulohaara levennetään kadun normaalileveyttä leveämmäksi, jolloin epäsymmetrisesti sijaitseva keskiviiva tekee mahdolliseksi neljä tulokaistaa, joista äärimmäiset on varattu vain oikealle tai vain vasemmalle kääntyville ajoneuvoille. Leveydet on esitetty kuvassa. b) Ei levennystä.
- Pysäköinti kielletty.
- Lähiökeskus.
- Kaupunkiseudun väkiluku on 375 000.
- Huipputuntikerroin 0.85.
- Liikennevalojen vaiheistus:
Kohdan a) tehtävässä
Jakson pituus 90 s
Suoraan ajaville vihreätä aikaa 37 s.

Vasempaan kääntyville vihreätä aikaa 15 s (saman aikainen vaihe vastakkaissuunnalta vasempaan kääntyville ajoneuvoille, mutta eri aikaan kuin suoraan menevien valovaihe).

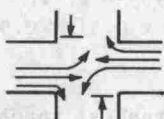
Oikealle kääntyville vihreä aika 55 s (saman aikaisesti vasempaan kääntyvien vihreän vaiheen ja keltaisen vaiheen ja vuoraan ajavien vihreän vaiheen kanssa).



Kohdan b) tehtävässä:

Jakson pituus 90 s.

Vihreä aika kaikille ajosuunnille 55 s.



- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 28 %.
- Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 10 %.
- Kuorma-autoja 3 %.
- Ei paikallisliikenteen linja-autoja.
- Jalankulkijoista johtuva häiriö hyvin pieni.

Määritä:

Liikennemäärä, joka voidaan välittää palvelutasolla D, kun:

- kääntyville liikennevirroille on erilliset liikennevalovaiheet (vastakkaissuuntainen liikenne ei häiritse niitä).
 - ilman erillisiä liikennevalovaiheita kääntyville ajoneuvoille sekä ilman esitettyä levenystä (tulohaaran leveys säilyy 9.0 metrinä).
- Arvostele saatuja tuloksia.

Ratkaisu:

Voidaan soveltaa kuvaa 6.8, kun otetaan huomioon erillisten kääntymiskaistojen laskentaperusteet. Kuormituskerroin on 0.7 palvelutasolla D.

- Kullekin ajosuunnalle on varattu erilliset liikennevalovaiheet.

Suoraan ajaville ajoneuvoille saadaan liikennemääräksi 1600 ajon./vihreä tunti, kun tulohaaran leveys on 6.0 m ja kuormituskerroin on 0.7 (kuva 6.8).

Korjauskertoimet:

Väkiluku 375 000 ja HTK = 0.85 (kuva 6.8), kerroin 1.03.

Lähiökeskus (kuva 6.8), kerroin 1.25.

G/C-suhde = $37/90 = 0.41$.

Oikealle kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa) (taulukko 6.4), kerroin 1.05.

Vasempaan kääntyvät ajoneuvot (0 % tässä vaiheessa) (taulukko 6.5), kerroin 1.10.

Kuorma-autoja 3 % (taulukko 6.6), kerroin 1.02.
 $1600 \times 1.03 \times 1.25 \times 0.41 \times 1.05 \times 1.10 \times 1.02 = 995$ ajon./h on läpimenevä liikennemäärä.

Oikealle kääntyvien ajoneuvojen kaista (laskentaperusteena olosuhteet, joissa on erillinen kaista ja erillinen liikennevalovaihe):

Jalankulkijoista johtuva häiriö vähäistä.

Kun tulokaistan leveys on 3.60 m ja kuorma-autojen osuus 3 %, saadaan palvelutasolla D:

$1000 \times 12/10 \times 1.02 = 1225$ ajon./vihreä tunti palvelutason D välityskyvyksi. Vihreän ajan ollessa 55 s, saadaan $1225 \times 55/90 = 748$ ajon./h palvelutason D välityskyvyksi.

Vasempaan kääntyville ajoneuvoille varattu kaista (kun olosuhteet ovat "erillinen ajokaista ja erillinen liikennevalovaihe"):

Jalankulkijoista johtuva häiriö vähäistä.

Kun ajokaistan leveys on 3.00 m, saadaan palvelutasolla D:

$1000 \times 1.02 = 1020$ ajon./vihreä tunti palvelutason D välityskyvyksi.

Kun vihreä aika on 15 s, saadaan $1020 \times 15/90 = 170$ ajon./h palvelutason D välityskyvyksi.

Verrataan kääntyvien ajoneuvojen välityskykyä saapuvan liikenteen suuntajakautuman mukaiseen kääntyvien ajoneuvojen lukumäärään:

Oikealle ja vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja yhteensä $28 + 10 = 38$ %.

Suoraan meneviä ajoneuvoja on $100 - 38 = 62$ %.

Suoraan menevistä ajoneuvoista lasketaan palvelutasolla D ja tunnetulla liikenteen suuntajakautumalla saapuvien ajoneuvojen kokonaisliikennemäärä, joka on $995/0.62 = 1604$ ajon./h palvelutason D välityskyvyn mukaan.

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja on $1604 \times 0.28 = 449$ ajon./h joka on korkein oikealle kääntyvien saapuvien ajoneuvojen määrä.

$449 < 748$ joten palvelutaso D saavutetaan.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja on $1604 \times 0.10 = 160$ ajon./h, joka on korkein vasempaan kääntyvien saapuvien ajoneuvojen määrä.

$160 < 170$, joten palvelutaso D saavutetaan.

Lopullinen mahdollinen palvelutason D välityskyky koko tulohaaralle on 1604 ajon./h.

- Kääntyville ei erillisiä liikennevalovaiheita eikä tulohaaraa ole levennetty.

Käytetään kuvaa 6.8.

Kun tulohaara on 9.0 m leveä ja kuormituskerroin on 0.7, saadaan kuvasta liikennemääräksi 2420 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Kertoimet ovat samat kuin a) -kohdassa paitsi:
 Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 28 % (taulukko 6.4), kerroin 0.995.
 Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 10 % (taulukko 6.5), kerroin 1.00.
 $G/C\text{-suhde} = 55/90 = 0.61$.

$2420 \times 1.03 \times 1.25 \times 0.61 \times 0.995 \times 1.00 \times 1.02 = 1930 \text{ ajon./h.}$

Tulosten arvostelu:

Tulokset osoittavat, että palvelutason D välityskyky on:

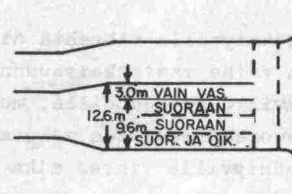
- 1604 ajon./h, kun tulohaara on levennetty ja kääntyville liikennevaloilta on erilliset ajokaistat ja liikennevalovaiheet.
- 1930 ajon./h, kun tulohaaraa ei ole levennetty eikä kääntyville ajoneuvoille ole erillistä liikennevalovaihetta.

Tulos osoittaa selvästi, että tulohaaralle lisätyt ryhmittymiskaistat ja erilliset liikennevalovaiheet eivät automaattisesti lisää palvelutason välityskykyä. Tässä tapauksessa levennys sekä siitä johtuvat erilliset ryhmittymiskaistat ja liikennevalovaiheet levennetyllä tulohaaralla näyttävät alentavan välitettävää liikennemäärää. Tämä johtuu mm. seuraavista tekijöistä:

1. Liikenteen sijoittuminen eri ajokaistoille on suurelta osin suoraan verrannollinen liikennetarpeeseen, eli siis 28 % oikeanpuoleisimmalle ajokaistalle, keskimäärin 31 % kummallekin keskimmaiselle ajokaistalle ja 10 % vasemmanpuoleisimmalle ajokaistalle, mistä johtuu käytettävissä olevan ajoradan epätasainen käyttö.
2. Suoraan meneviltä ajoneuvoilta joudutaan vähentämään huomattavasti vihreätä aikaa, kun varataan erillinen liikennevalovaihe vasempaan kääntyville ajoneuvoille. Täten ainakin varsinaisella tulohaaralla suoraan ajavien ajoneuvojen välityskyky vähenee huomattavasti enemmän kuin vasempaan kääntyvien ajoneuvojen välityskyky kasvaa.
3. Vasemmanpuoleisinta ajokaistaa käytetään pääasiassa ryhmittyneiden ajoneuvojen odotuskaisena eikä liikkuvien ajoneuvojen hyväksi.
4. Oikealle kääntyville ajoneuvoille varatulla ajokaistalla on huomattavasti suurempi välityskyky kuin liikennetarve edellyttää.

Jotkut edellä esitetyistä seikoista koskevat vain tätä määrättyä tehtävää, mutta toiset esiintyvät yleisesti käytettäessä monivaiheisia liikennevaloja.

Esimerkin tapauksessa näyttää siltä, että välityskyky kasvaisi, jos sekä suoraan ajavat että oikealle kääntyvät ajoneuvot saisivat käyttää oikeanpuoleisinta ajokaistaa, vaikkakin oikealle kääntymisen joudutaan kieltämään vasempaan kääntyville varatun valovaiheen aikana. Tulohaaran toiminta olisi seuraavan kuvan mukainen:



Vasemmanpuoleisin ajokaista säilyisi ennallaan.

Muut ajokaistat:

Tulohaaran leveyden ollessa 9.60 m ja kuormituskerroimen 0.7, saadaan kuvasta 6.8 liikennemääräksi 2600 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Väkiluku ja HTK pysyvät samana, kerroin 1.03.
 Liittymän sijainti on sama, kerroin 1.25.
 $G/C\text{-suhde} = 37/90 = 0.41$.

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 28 % (taulukko kuvassa 6.4), kerroin 0.995.

Vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen määrä (0 % tässä vaiheessa) pysyy samana, kerroin 1.10.

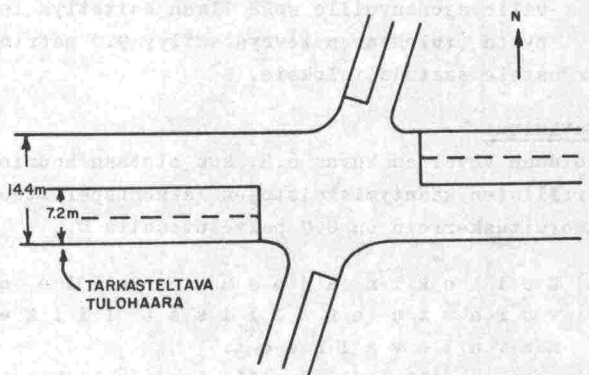
Kuorma-autojen osuus pysyy samana, kerroin 1.02
 $2600 \times 1.03 \times 1.25 \times 0.41 \times 0.995 \times 1.10 \times 1.02 = 1530 \text{ ajon./h.}$

Kokonaisliikennetarpeeksi saadaan $1530/0.90 = 1700 \text{ ajon./h}$, jos suoraan ajavien ja oikealle kääntyvien ajoneuvojen oletetaan olevan määräävä liikennevirta.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja on $1700 \times 0.10 = 170 \text{ ajon./h}$, kun oletetaan suoraan ajavat ja oikealle kääntyvät ajoneuvot määrääviksi.

$170 = 170$, joten liittymä saattaa toimia tyydyttävästi, vaikka ratkaisu onkin rajatapaus. Liittymä voi välittää noin 1700 ajon./h. Edellisessä ratkaisussa välityskyvyksi saatiin 1604 ajon./h, joten tämä ratkaisu on parempi.

Esimerkki 6.8



Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Nelikaistaisen kaksisuuntaisen tien ja kaksikaistaisen ja kaksisuuntaisen tien liittymä maaseudulla. Liittymässä on liikennevalot.
- Tarkastellaan läntistä tulohaaraa.
- Keskimääräiset maaseutuolosuhteet.
- Jakson pituus 90 s.
- Vihreä aika 65 s.
- Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 4 %.
- Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 3 %.

- Kuorma-autoja 10 %.
- Pitkämatkaisia linja-autoja 2 %.
- Pysäköinti kielletty ajoradalla.

M ä ä r i t ä :

Liikennemäärä jonka liittymä voi välittää palvelutasolla B.

Ratkaisu:

Käytetään kuvaa 6.10.

Kuormituskerroin palvelutasolle B saadaan taulukosta 6.3, kerroin on 0.1.

Kun tulohaaran leveys on 7.2 m ja kuormituskerroin on 0.1, saadaan liikennemääräksi 1650 ajon./vihreä tunti.

Keskimääräisissä maaseutuolosuhteissa ei huippu-tuntikertoimen takia tarvitse tehdä korjausta.

$$G/C\text{-suhde} = 65/90 = 0.72.$$

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 4 % (taulukko 6.4) kerroin 1.035.

Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 3 % (taulukko 6.5), kerroin 1.07.

Kuorma-autoja 10 % ja pitkämatkaisia linja-autoja 2 % (yhteensä 12 %) (taulukko 6.6), kerroin 0.93.

Palvelutason B välittämä liikennemäärä saadaan laskettua seuraavasti:

$$1650 \times 0.72 \times 1.035 \times 1.07 \times 0.93 = 1215 \text{ ajon./h.}$$

ILMAN LIIKENNEVALOJA OLEVAT LIITTYMÄT

Normaalisti liittymien välityskyky ja liikennevalojen rakentaminen liittyvät läheisesti toisiinsa, koska useimmat avainkohdissa olevat liittymät varustetaan liikennevaloin, jos liikennemäärä niissä on korkea vähintään kahdella tulohaaralla. Eräissä mielessä voidaan siis liikennevaloin varustamattomien liittymien välityskyvyn arvoja sekä palvelutasojen välityskykyä käsitellä vain teoreettisen mielenkiinnon vuoksi, koska tällaisten liikennemäärien esiintyessä tärkeissä liittymissä niihin käytännössä tavallisesti asennetaan liikennevalot. Tavallisissa kaupunkiololoissa kuitenkin esiintyy monia vähemmän tärkeitä liittymiä, joissa ei ole liikennevaloja, minkä lisäksi liikennevalojen käyttö maaseudulla on verraten harvinaista. Tämän vuoksi liikennevalottomien liittymien lyhyt käsittely lienee tarpeen tässä yhteydessä.

Läpikulkureiteillä liikennevalottomat liittymät muodostavat vain harvoin välityskyvyn kannalta kriittisiä kohtia. Ne kuitenkin saattavat olla varsin tärkeitä alempiluokkaisten poikittaisteiden välityskyvyn kannalta sekä vaikuttaa molempien risteävien teiden palvelutasoon.

Kaupunkiolosuhteissa liikennevalottoman liittymän sijainti on tärkeä tekijä tien toimintakykyä määritettäessä. Jos liittymästä on verraten pitkä matka lähimpiin koordinoimattomiin liikennevaloin varustettuihin liittymiin sekä ylä- että alavirtaan, saattaa sen toiminta olla riippumaton näistä

liikennevaloin varustetuista liittymistä. Liikennevalojen koordinoinnista johtuen liikenne usein kuitenkin kulkee liikennevalottomankin liittymän läpi säännöllisinä ryhminä. Tällaisessa tapauksessa näistä ryhmistä voi aiheutua kummassakin ajosuunnassa samanaikaisia säännöllisiä aukkoja liikennevirrassa joiden aikana poikittaisteiltä päästään liikennöimään, mutta toisaalta liikennevaloin varustetut liittymät voivat saada aikaan olosuhteet, joissa samanaikaisia aukkoja liikennevirrassa esiintyy varsin harvoin. Jos alempiluokkaisen kadun liittymä on lisäksi verraten lähellä liikennevaloin varustettua liittymää, voi tämän merkittävemmän valoliittymän takia muodostuvat ajoneuvonot vaikuttaa haitallisesti alempiarvoisen kadun toimintaan.

Maaseudulla liittymät ovat normaalisti verraten kaukana toisistaan ja voidaan olettaa, että liikenteen saapuminen liittymiin on satunnaista. Maaseutuolosuhteissa välityskyky muodostuu ongelmaksi vain harvoin, koska pääteiden toiminta tapahtuu tavallisesti riittävän korkealla palvelutasolla, josta johtuen satunnaisesti vaihtelevassa liikennevirrassa esiintyy poikittaisliikenteelle riittäviä aukkoja.

Suurin osa niistä vähäisistä tutkimuksista, joita liikennevalottomissa liittymissä on suoritettu, on usein antanut vain paikallisesti käyttökelpoisia tuloksia. Koska paikalliset olosuhteet saattavat vaihdella varsin huomattavasti, ja koska tästä johtuen laajasti käyttökelpoisten laskentaperusteiden muodostaminen on varsin vaikeaa, ei yksikäsitteliä eri tekijät huomioon ottavia liikennevalottomien liittymien palvelutasojen välityskykyä tai koko välityskyvyn arvoja voida esittää edes näennäisesti samanlaisia geometrisia olosuhteita varten. Näinollen voidaan tehdä vain yleisluontoisia havaintoja.

Liikennevalottomat liittymät toimivat useilla eri tavoilla riippuen liikennemerkkien käytöstä. Seuraavassa käsitellään kolme pääryhmää: 1) liikenne-merkkejä ei käytetä, 2) käytetään etuajo-oikeutta osoittavaa liikennemerkkiä ja 3) käytetään pakollista pysähtymistä osoittavaa liikennemerkkiä.

Liikennemerkitön tasoliittymät

Saattaa tuntua vaikealta kuvitella liittymätulohaaraa, jolla ei ole edes liikennemerkkejä, toimivaksi välityskyvyn tasolla. Tällaiset olosuhteet useimmiten esiintyvät vain lyhyen ajan erityisesti sellaisessa tapauksessa, että toinen risteävistä kaduista on selvästi vähemmän tärkeä kuin toinen.

Jos liittymää ei ole varustettu liikennemerkeillä, on kaikilla ajajilla periaatteessa vastuu siitä, että ajoradalla ei ole esteitä heidän ajaessaan liittymän läpi. Jos toinen tie käytännössä on kuitenkin selvästi toista tärkeämpi (kuten paikal-

lisen maantien liittyessä tärkeään maaseudun päätiehen tai asuntokadun liittyessä vilkkaasti liikennöityyn kaupunkiseudun pääkatuun), vähemmän kuormitettua poikittaiskatua ajavat ajoneuvot tavallisesti antavat etuajo-oikeuden pääsuunnan liikenteelle, ja korkeilla liikennemäärillä liittymän toiminta muistuttaa kaksisuuntaisten katujen liittymää, joka on varustettu pakollista pysähtymistä osoittavalla liikennemerkillä. Tällainen tapaus käsitellään hieman myöhemmin.

Jos risteävien teiden liikennemäärät toisaalta ovat suhteellisen tasapainoisia, liikennesäännöt määräävät liittymän toiminnan. Vaikka liikennesäännöt saattavat vaihdella eri alueilla, yleissääntönä on, että ellei liikennemerkeillä ole toisin osoitettu, oikealta saapuvalla ajoneuvolla on etuajo-oikeus. Tällaisessakin tapauksessa aiheutuu todennäköisesti vain vähän viivästyksiä alhaisilla liikennemäärillä eikä välityskyky aiheuta ongelmia. Korkeilla liikennemäärillä liittymien toiminta vaihtelee todennäköisesti huomattavasti eri kohteissa esimerkiksi ajajien ominaisuuksista ja eri tulohaaroiden suhteellisista näkemistä riippuen. Joissakin tapauksissa liikenteen purkautuminen eri tulosuunnilta saattaa pysyä tasapainoisena ja liittymän toiminta muistuttaa sellaista liittymää, jonka kaikilla tuloharoilla on pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki, mikä tapaus käsitellään myöhemmin. Toisissa tapauksissa joku tai jotkut tulohaarat voivat muodostua toiminnallisesti hallitseviksi.

Tarkempien laskentaperusteiden puuttuessa palvelutasojen välityskyvyt ja liikenteenvälityskyky voidaan arvioida aikaisemmin esitettyjen liikennevaloin varustettujen liittymien laskentaperusteilla olettamalla, että liikennevalojen vaiheistus on suoraan verrannollinen eri tulohaaroiden liikennemääriin ja kääntäen verrannollinen niiden leveyteen. Tämä voidaan esittää kaavalla:

$$\text{Jakson jakosuhte} = \frac{\text{Kadun 1 osuus}}{\text{Kadun 2 osuus}} \\ = \frac{\text{Kadun 1 liik.määrä}}{\text{Kadun 2 liik.määrä}} \times \frac{\text{Kadun 2 leveys}}{\text{Kadun 1 leveys}}$$

Tällainen laskentatapa on luonnollisesti monessa suhteessa yksinkertaistettu, mutta nykyisten tietojen perusteella ei parempaakaan yleistä laskentamenetelmää voida laatia. Tulokseksi saatavat lukuarvot ovat maksimi-arvoja, jotka liittymän voidaan olettaa välittävän, ja usein esimerkiksi eriaikaiset ajoneuvovälit alentavat saavutettavia liikennemääriä.

Etuajo-oikeutta osoittavilla liikennemerkeillä varustetut liittymät

Etuajo-oikeutta osoittavalla liikennemerkillä pyritään pääasiassa osoittamaan toisen liikennevirran laillista etuoikeutta toiseen nähden yleensä

sellaisilla alueilla, joissa liikennemäärät ovat alhaisia ja joissa kaikkien tulohaaroiden liikenne pääsee tavallisesti ajamaan liittymän läpi pysähtymättä. Välityskyvyn kannalta kahdelle tulohaaralle sijoitetuilla joko pysähtymistä tai etuajo-oikeutta osoittavilla liikennemerkeillä on vain vähän eroa. Jos etuajo-oikeutta osoittavilla liikennemerkeillä varustetussa liittymässä liikennemäärät ovat kasvaneet niin suuriksi, että lähestytään välityskykyä, joutuvat lähes kaikki ajoneuvot alempiarvoisella kadulla pysähtymään aivan samoin kuin pakollista pysähtymistä osoittavan merkin yhteydessä. Täten voidaan etuajo-oikeutta osoittava liikennemerkki käsitellä välityskyvyn kannalta samalla tavoin kuin vastaavissa paikoissa oleva pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki.

Pakollista pysähtymistä osoittavilla liikennemerkeillä varustetut liittymät

Pakollista pysähtymistä osoittavalla liikennemerkillä pyritään lisäämään turvallisuutta ja liikenteen sujumista.

Kirjassa "Manual on Uniform Traffic Control Devices" (3) on esitetty seitsemän tärkeintä pakollista pysähdystä osoittavan liikennemerkin käyttökohdetta:

1. Vähemmän tärkeän tien ja päätien liittymässä, jossa liikennöinti ilman liikennemerkkejä olisi huomattavan vaarallista.
2. Paikallistien tai kadun ja tärkeän maantien liittymässä.
3. Kahden tärkeän maantien liittymässä, jossa ei ole liikennevaloja.
4. Kadun ja pitkämatkaista liikennettä välittävän tien tai pääkadun liittymässä.
5. Liikennevalottomassa liittymässä alueella, jolla liikennevaloja käytetään yleisesti.
6. Rautatien tasoristeyksessä, jossa pysähtyminen on pakollista joko lain tai paikallisten viranomaisten määräysten vuoksi.
7. Liittymissä, joissa ajonopeudet ovat korkeita ja näkemät lyhyitä ja joissa onnettomuustilastot osoittavat pysähtymistä osoittavan liikennemerkin tarpeelliseksi.

Voidaan todeta, että yksikään edellä esitetyistä perusteista ei riipu yksinomaan liikennemäärästä ja että vain parilla viimeisellä pyritään tietysti tavoin parantamaan liikenteen sujumista. Ensisijaisesti perusteilla pyritään liikenneturvallisuuteen. Tämä ei ole yllättävää, kun otetaan huomioon ne suhteellisen vähäiset tutkimukset, joita on suoritettu pakollista pysähtymistä osoittavilla liikennemerkeillä varustettujen liittymien palvelutasojen välityskyvyistä ja liikenteenvälityskyvyistä sekä saatujen tulosten paikallinen luonne.

Kahdella tulohaaralla olevat pysähtymistä osoittavat liikennemerkkit

Alempiarvoiselle poikittaistielle sijoitetuilla pakollista pysähtymistä osoittavilla liikennemerkkeillä pyritään tavallisesti antamaan pääliikennesuunnan kadulle niin selvä etuajo-oikeus, että poikittaisliikenne ei häiritse sen liikennevirtaa ollenkaan.

Jos risteävien katujen kokonaisliikennemäärä on suhteellisen alhainen, liittymä toimii tyydyttävästi ilman pysähdystä osoittavia liikennemerkkejä. Liikennemäärän kasvaessa myös toistensa ajosuuntien poikki ajavien ajoneuvojen lukumäärä lisääntyy aiheuttaen piteneviä viivästyksiä, kunnes tiettyssä pisteessä liittymästä aiheutuva vastus on kasvanut niin suureksi, että liittymän toimintaa on ohjattava sekä liikenteen sujuvuuden että turvallisuuden vuoksi. Tällaista tilannetta ei voida määrittellä jollakin liikennemäärän arvolla, mutta on esitetty, että alempiarvoisille tulohaaraille tulisi asentaa pakollista pysähtymistä osoittavat liikennemerkkit silloin, kun 50 % näiden tulohaarosten liikennemäärästä joutuu pysähtymään hetkellistä pysähdystä kauemmin pääliikennesuunnan korkeasta liikennemäärästä johtuen (5).

Tällaisessa tapauksessa välityskyvyn määrittämisperusteet ovat merkityksellisiä vain pääliikennesuunnan kadulla, jos pakollista pysähdystä osoittavia liikennemerkkejä noudatetaan hyvin. Yksittäisessä liittymässä on pääliikennesuunnalla täydellinen etuajo-oikeus poikittaiskatuun nähden ja täten sen liikennemäärän tulisi voida kasvaa välityskykyyn asti, jolloin poikittaistien liikennemäärä vähitellen vähenisi nolleen. Poikittaiskadulle voidaan osoittaa ainoastaan palvelutasojen välityskyvyt siten, että määritetään poikittaistieltä pääliikennesuunnan liikennevirran aukkojen aikana tien yli ajamaan pääsevien ajoneuvojen lukumäärä päätien välityskykyä alhaisemmilla liikennemäärillä.

Käytännössä ongelma on huomattavasti monimutkaisempi ja sen ratkaisussa on otettava huomioon mm. sekä pääliikennesuunnan kadun että poikittaiskadun ajokaistojen lukumäärä, liittymästä kumpaankin suuntaan ylävirtaan mahdollisesti esiintyvien liikennevalojen muodostamat aukot liikennevirrassa (ja näiden aukkojen samanaikaisesti esiintymisen todennäköisyys) sekä erilaisten ajajien hyväksikäyttämien aukkojen tarvittava pituus heille jo aiheutuneen viivästyksen pituudesta riippuen. Jos poikittaistiellä esiintyy huomattavasti liikennettä, saattavat nämä ajoneuvot ajoittain "vallata" liittymän jopa silloin, kun pääliikennesuunnan liikennemäärät ovat korkeita, mistä aiheutuu hetkellisiä viivästyksiä pääliikennesuunnalle.

Vaikka edellä kuvatun kaltaisen liittymän toimintaa on tutkittu monin eri tavoin, ei missään tutkimuksissa ole esitetty poikittaiskadun välityskykyä pääliikennesuunnan liikennemäärästä riippuen.

Tästä johtuen ei tässäkään tekstissä voida esittää asiasta esimerkkejä. Vaikka tällainen esimerkki olisikin käytettävissä, ei sitä kuitenkaan voitaisi soveltaa suoraan kaikkiin ko. liittymätyyppeihin, koska paikalliset olosuhteet (pääasiassa ajokaistojen lukumäärä ja liikennevirrassa esiintyvät aukot) vaihtelevat varsin laajasti eri kohteissa. Lyhyesti voidaankin todeta, että koska käytettävissä olevat tutkimustulokset eivät ole em. tavalla yksikäsitteisiä, se osoittaa, että käytännössä on mahdotonta määrittää yleisiä pakollista pysähtymistä osoittavilla liikennemerkkeillä varustettuja liittymiä koskevia välityskykyarvoja.

Käytännössä tavallisimmin esiintyvissä tehtävissä on molemmilla kaduilla kyseessä korkeat palvelutasot (alhaiset liikennemäärät), jolloin useimmat pysähtymään joutuvat ajoneuvot voivat liittyä pääliikennesuuntaan tai ylittää sen ilman huomattavia viivästyksiä. Tällaisessa tapauksessa voidaan käyttää liikennemerkittömän liittymän käsittelyssä esitettyjä karkeita laskentamenetelmiä palvelutasojen välityskykyä määritettäessä. Tällöin siis oletetaan, että liittymässä on liikennevalo ja määritetään liittymän välityskyky normaaleilla menetelmillä olettaen, että liikennevalojen vaiheistus on määritetty ottamalla huomioon molempien katujen suhteelliset liikennemäärät ja niiden tulohaarosten leveydet. Viivästysten kasvaessa huomattaviksi ei tällainen oletamus enää pidä paikkaansa, koska kyseisessä liittymässä toiselle liikennevirralle on annettu etuajo-oikeus toiseen nähden.

Liittymä, jonka kaikilla tulohaaralla on pakollista pysähdystä osoittava liikennemerkki

Jos liittymän kaikilla tulohaaralla on pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki, on liittymän toiminta helpommin ennustettavissa kuin edellisessä tapauksessa, koska kaikki tulohaarat ovat samanarvoisia. Liikennemäärän ollessa välityskyvyn lähellä muodostuu liittymän toiminta yleensä säännölliseksi (yleensä ajoneuvot lähtevät liikkeelle eri tulohaarailta myötäpäivään, koska oikealta saapuvilla on etuajo-oikeus) ja viivästykset ovat varsin pieniä.

Tutkimukset osoittavat, että tällainen liittymä toimii liikenteen kannalta edullisimmin, kun risteävien katujen liikennemäärät ovat suunnilleen yhtä suuret. Tämä johtuu todennäköisimmin siitä, että riippumatta liikennetarpeen mahdollisesta tasapainottomuudestakin liittymän toiminnan em. säännöllisyys jatkuu niin kauan, kun kullakin tulohaaralla on edes yksi ajoneuvo. Tällöin epätasaisen liikennetarpeen vallitessa alhaisemmat liikennemäärät ovat edullisemmassa asemassa kuin korkeat liikennemäärät, jos verrataan niiden käyttämää aikaa niiden liikennetarpeeseen.

Lisäksi on osoitettu, että alhaisilla liikennemäärillä pakollista pysähtymistä osoittavilla liikenne-

Taulukko 6.7 ESIMERKKEJÄ NELIHAARAISEN, PAKOL-LISTA PYSÄHTYMISTÄ OSOITTAVILLA LIIKENNEMERKEILLÄ VARUSTETUN LIIT-TYMÄN VÄLITYSKYVYSTÄ LIIKENNE-TARPEEN OLLESSA TASAINEN (KUMPAA-KIN RISTEÄVÄÄ KATUA KÄYTTÄÄ 50 % LIIKENNEMÄÄRÄSTÄ)

LIITTYMÄ- TYPPI	VÄLITYSKYKY ^a (ajon./h)
Kaksi 2-kaistaista katua	1,900
Kaksi- ja nelikaistainen katu	2,800
Kaksi 4-kaistaista katua	3,600

^aKaikkien liittymähaarojen yhteenlaskettu välityskyky.

Taulukko 6.8 ESIMERKKEJÄ NELIHAARAISEN, PAKOL-LISTA PYSÄHTYMISTÄ OSOITTAVILLA LIIKENNEMERKEILLÄ VARUSTETUN KAH-DEN KAKSIKAISTAISEN KADUN LIITTYMÄN VÄLITYSKYVYSTÄ LIIKENNETARPEEN JAKAUTUMAN VAIHDELLESSA

LIIKENNETARPEEN JAKAUTUMA	VÄLITYSKYKY ^a (ajon./h)
50/50	1,900
55/45	1,800
60/40	1,700
65/35	1,600
70/30	1,550

^aKaikkien liittymähaarojen yhteenlaskettu välityskyky.

nemerkeillä varustettu liittymä on lähes yhtä te-hokas kuin liikennevaloilla varustettu liittymä ja joissakin tapauksissa ajajien mielestä miellyttä-vämpi. Tämä johtuu siitä, että tällainen liittymä toimii joustavammin kuin liikennevaloliittymät yleensä joitakin monimutkaisia valojärjestelyjä

mahdollisesti lukuunottamatta. Liittymän toimin-taa on siis ohjattu kohtuullisessa määrin, mutta ajajille on jätetty mahdollisuus käyttää omaa har-kintaansa päättäessään, mitkä ajosuunnat kullakin hetkellä ovat mahdollisia. Tällöin esimerkiksi kultakin tulohaaralta ajoneuvot voivat kääntyä sa-manaikaisesti oikealle, kun taas yksinkertainen liikennevalojärjestelmä sallii ajamisen vain kah-delta tulohaaralta. Useat muut kääntyvien ja suo-raan ajavien liikennevirtojen yhdistelmät ovat mahdollisia varsinkin silloin kun tulohaaroilla on useita ajokaistoja.

Tällaisistakin liittymistä on palvelutasojen väli-tyskykyjä ja liikenteenvälityskykyjä koskevia tut-kimuksia varsin vähän, mutta eräs käytettävissä oleva tutkimus (6) osoitti, että kaikkien tulohaa-rojen yhteenlaskettu välityskyky liikennetarpeen ollessa tasapainoinen on taulukon 6.7 mukainen. Epätasapainoisen liikennetarpeen haittavaikutuksia on esitetty taulukossa 6.8, joka koskee kahden kak-sikaistaisen kadun liittymää.

Taulukko 6.7 esittää ne liikennemäärien ylärajat, joita liittymä voi välittää jos jokainen tulohaara on varustettu pakollista pysähdystä osoittavalla liikennemerkillä.

LÄHDELUETTELO

1. *Final Report on Intersection Traffic Flow*. C-E-I-R, Inc., unpubl. report for Bur. of Public Roads (1960).
2. NORMANN, O. K., "Variations in Flow at Intersections as Related to Size of City, Type of Facility and Capacity Utilization." *HRB Bull.* 352, pp. 55-99 (1962).
3. *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*. Bureau of Public Roads (1961).
4. *Traffic Engineering Handbook*. Inst. of Traffic Engineers (1965).
5. RAFF, M. S., and HART, J. W., *A Volume Warrant for Urban Stop Signs*. Eno Foundation for Highway Traffic Control (1950).
6. HEBERT, J., "A Study of Four-Way Stop Intersection Capacities." *Highway Res. Rec-ord No. 27*, pp. 130-147 (1963).

LUKU 7

SEKOITTUMINEN

Kaikilla teillä voidaan erottaa seuraavat peruselementit, joilla kullakin on tyypilliset toimintam ominaisuudet ja välityskyky:

- 1) Varsinainen tie, jolla yleensä esiintyy katkeamaton liikennevirta (ainakin tyypillisissä maaseutuolosuhteissa),
- 2) Tasoliittymä, jossa liikennevirta katkeaa (tasoliittymä voi olla varustettu liikennevaloin tai ilman niitä) ja
- 3) Eritasoliittymä, jossa liikennevirrat erkanevat tieltä ja liittyvät sille.

Toisinaan erkanavia ja liittyviä liikennevirtoja varten yhdessä on muodostettu neljäs tien elementti: sekoittumisalue.

Sekoittumisella tarkoitetaan kahden samaan yleisuuntaan ajavan liikennevirran leikkaamista keskenään, mikä tapahtuu liittymisen ja erkanemisen seurauksena peräkkäin. Täten yksinkertainen sekoittumisalue voidaan määrittää tieosaksi, jolla sekoittumisen tapahtuu ja jonka toisessa päässä kaksi yksisuuntaista ajorataa yhtyy ja toisessa päässä erkanee. Käytännössä liittyvät ja erkanevat ajoradat voivat olla varsin erilaisia tyypeiltään. Molemmat voivat olla joko moottoriteitä tai toinen voi olla moottoritie ja toinen ramppi. Edelleen on mahdollista, että molemmat ajoradat ovat tavallisia katuja. Satunnaisesti sekoittumisalueita voi esiintyä myös kaksisuuntaisilla monikaistaisilla teillä, joskin sekoittuminen tapahtuu vain toisessa ajosuunnassa.

Sekoittumisalueiden toiminnalliseen luonteeseen vaikuttavat monet tekijät, jotka kaikki on otettava huomioon määritettäessä näiden alueiden välityskykyä ja palvelutasoja. Samoin kuin muiden luvun alussa mainittujen tekijöiden, on myös sekoittumisalueiden tarkastelu välttämätöntä pyrittäessä määrittämään tietyn tien välityskyky. Edelleen tällainen tarkastelu on tarpeen, jotta suunnittelussa päästään tasapainoiseen tulokseen, ja vältetään välityskyvyn yliarviointi tieosalla, johon sekoittumisalue kuuluu.

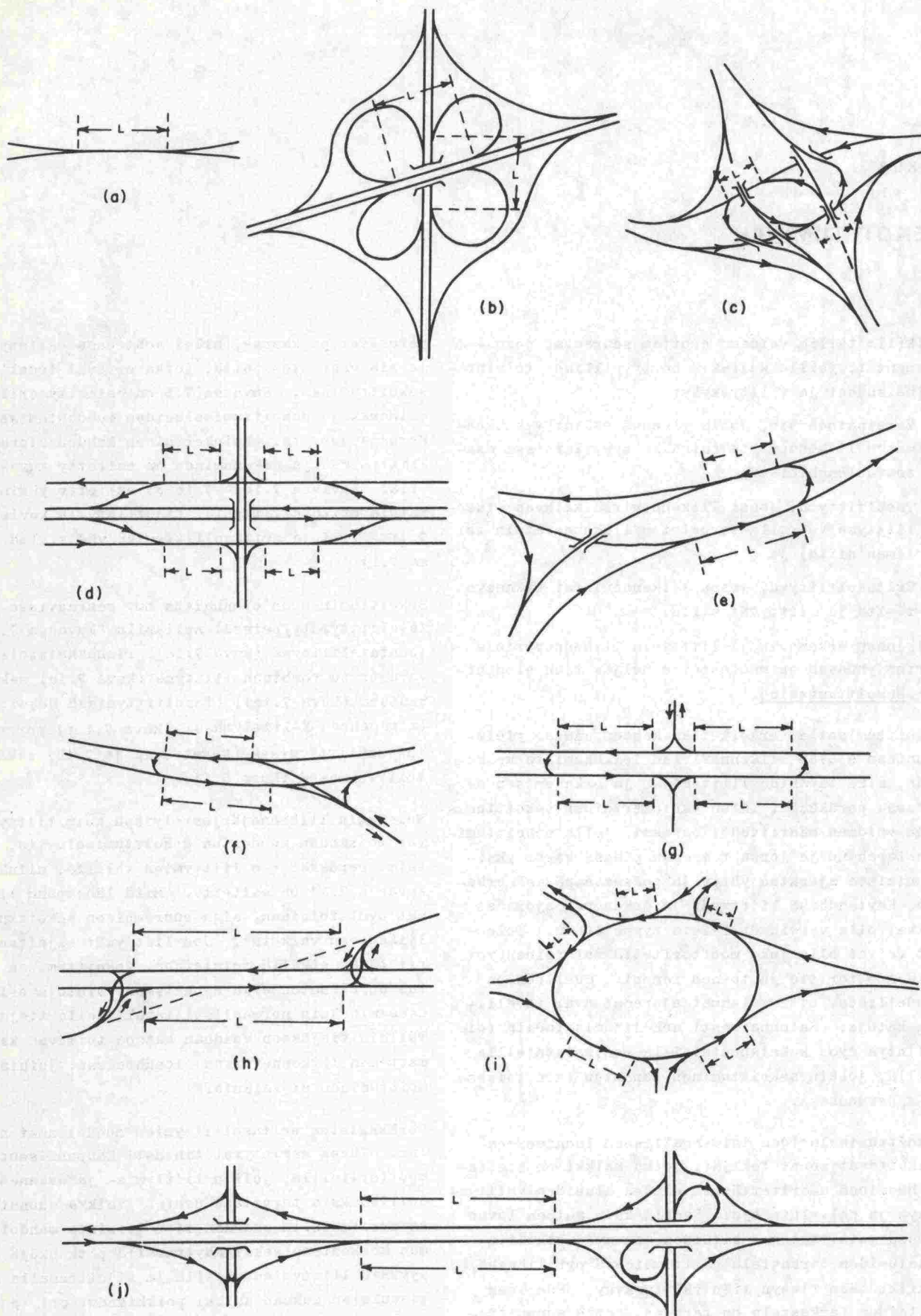
Sekoittumisalueen luonteesta riippumatta pitävät tietyt toiminnalliset periaatteet ja suunnittelu-

perusteet paikkansa, ellei kohteessa esiinny sellaisia vastustekijöitä, jotka estävät todellisen sekoittumisen. Kuvassa 7.1 on esitetty erilaisia esimerkkejä sekoittumisalueiden muodostumisesta. Perustapaus, ts. yksinkertainen kahden ajoradan liittyminen ja erkaneminen on esitetty kuvassa 7.1a. Kuvissa 7.1b - 7.1e on esitetty yksinkertaisia eritasoliittymiä, tasoliittymiä kuvissa 7.1f - 7.1i ja eritasoliittymien yhdistelmä kuvassa 7.1j.

Sekoittuminen on olennaista mm. seuraavissa eritasoliittymätyypeissä: neliapila (kuvassa 7.1b), suuntaisliittymä (kuva 7.1c), rinnakkaisteillä varustettu rombinen liittymä (kuva 7.1d) sekä haarautuma (kuva 7.1e). Tasoliittymissä sekoittumista tapahtuu Y-liittymässä (kuva 7.1 f) porrastetuissa liittymissä (kuvat 7.1g ja 7.1h) sekä kiertoliittymässä (kuva 7.1i).

Muissakin liikennejärjestelyissä kuin liittymissä voi toisinaan muodostua sekoittumisalueita, kuten esim. peräkkäisten liittymien välillä, niinkuin kuvassa 7.1j on esitetty. Mitä lähempänä liittymät ovat toisiaan, sitä suurempi on sekoittuvan liikenteen vaikutus. Jos liittymät sijaitsevat riittävän etäällä toisistaan, sekoittumisen vaikutus on olematon eikä ajokaistan vaihtoja esiinny useammin kuin normaalisti tavallisella tiejaksoilla. Tällöin tiejakson voidaan katsoa toimivan katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, joihin sekoittuminen ei vaikuta.

Peräkkäisten eritasoliittymien muodostamat sekoittumisalueet esiintyvät tiheästi kaupunkiseutujen moottoriteillä, joilla liittymis- ja erkanemismahdollisuuksia tarvitaan usein. Vaikka suunnittelussa pyrittäisiin saamaan tien toiminta mahdollisimman korkeatasoiseksi käyttämällä pitkäköjiä etäisyyksiä liittymien välillä ja sijoittamalla mahdollisuuksien mukaan kaikki poikkikadut eri tasoon, joudutaan tällaiselle tielle tästä huolimatta suunnittelemaan monia sekoittumisalueita. Sekoittumisalueiden toimivuusluokkia ja välityskykyä on aina verrattava kaupunkiseudun moottoritien muiden elementtien toiminnan kanssa tasapainoisen tuloksen saavuttamiseksi.



Kuva 7.1
Sekoittumisalueiden muodostumistapoja.

SEKOITTUMISALUETYYPIT

Sekoittumisalueet voivat olla sekä yksin- että moninkertaisia. Yksinkertainen sekoittumisalue muodostuu yhdestä liittyvästä ja yhdestä erkanevasta ajoradasta. Moninkertainen sekoittumisalue muodostuu useista liittyvistä ja erkanevista ajoradoista. Edelleen kumpikin sekoittumisaluetyyppi voidaan jakaa toispuolisiin tai molemminpuolisiin osiin.

Yksinkertaiset sekoittumisalueet

Erilaisia yksinkertaisten sekoittumisalueiden tyyppiä on esitetty kuvassa 7.2. Kuvan 7.2a esittämä sekoittumisalue palvelee yhtä tarkoitusta. Tällaisella sekoittumisalueella kaikki sille kummasta tahansa tulohaarasta saapuvat ajoneuvot joutuvat leikkaamaan kaikkien toisesta tulohaarasta saapuvien ajoneuvojen ajosuunnat, jolloin koko liikennemäärä joutuu sekoittumaan. Tällainen on sekoittumisalueen yksinkertaisin muoto, joskin sen käyttömahdollisuudet ovat rajoitetut. Esimerkkinä tällaisesta sekoittumisalueesta on neliapilatyypin eritasoliittymän kahden silmukkarampin välinen varsinaisesta pääliikennesuunnan ajoradasta rinnakkais- tiellä erotettu sekoittumisalue.

Kuvassa 7.2b esitetty sekoittumisalue palvelee kah- ta tarkoitusta, eli sekä sekoittuvaa että suoraan ajavaa liikennettä. Tämä on useimmin esiintyvä tyyppi. Tällaisessa tapauksessa on sekä sekoittu- valle että suoraan ajavalle liikennevirralle varat- tava riittävän monta ajokaistaa. Sekoittumattomat ajosuunnat eli uloimmat liikennevirrat voivat esiin- tyä joko molemmilla puolilla tai vain toisella puo- lella, kuten esimerkiksi moottoritien toisella ajo- radan samalla puolella lähekkäin sijaitsevien liit- tyvien ja erkanevien rampin välisellä osuudella.

Kuvassa 7.2c on esitetty sekoittuvien ajoneuvojen ajourat tapauksessa, jossa sekoittuvien ajoneuvojen lukumäärä on suurempi kuin mitä yhdelle ajokaistal- le mahtuu, jolloin ajokaistan välityskyky ylitetään. Joidenkin ajoneuvojen on tällöin suoritettava se- koittuminen kahdessa vaiheessa. Tällainen tieosuus, jolla osa sekoittumisesta tapahtuu kahdessa vaihees- sa määritellään kerroituksi sekoittumisalueeksi. Jos sekoittuvien ajoneuvojen lukumäärä on kaksinker- tainen ajokaistan välityskykyyn verrattuna, täytyy sekoittumisia tapahtua neljä kertaa niin paljon kuin liikennemäärän ollessa välityskyvyn suuruinen. Tällöin sekoittuminen tapahtuu suunnilleen kolmella tiejakson osalla. Teoreettisesti siis kaksinker- tainen liikennemäärä edellyttää ainakin kolminker- taista sekoittumisalueen pituutta. Kaupunkiseutu- jen moottoriteillä sekoittumisalueet ovat usein kerrottuja.

Kahta tarkoitusta palvelevalla sekoittumisalueella tai kerrotulla sekoittumisalueella voidaan sekoit- tuvat ja suoraan ajavat liikennevirrat erottaa toi- sistaan, jolloin ratkaisu on kuvassa 7.2d esitetyn

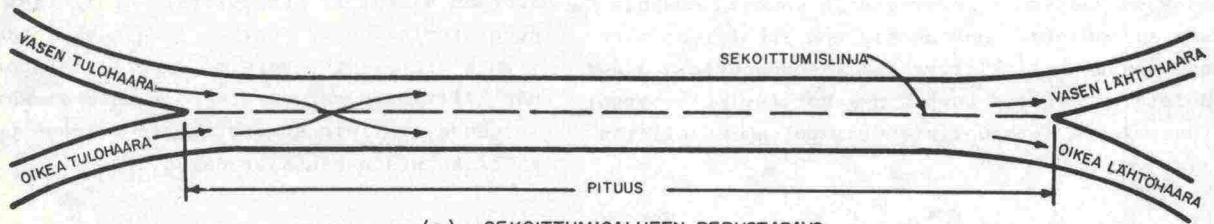
erotetun sekoittumisalueen tyyppiä. Tällöin alueen keskiosa on kuvan 7.2a mukainen yhtä tarkoitusta palveleva sekoittumisalue. Reunimmaisilla osilla ei tapahdu sekoittumista, vaan ne välittävät vain suoraan ajavat liikennevirrat. Tällaiset erotetut sekoittumisalueet, joilla on vain yksi suoraan aja- vien ajorata, ovat varsin tyyppillisiä moottoritei- den liittyisiin rakennettujen rinnakkaiskatujen yh- teydessä, jolloin sekoittuminen voidaan poistaa pääliikennesuunnan ajoradalta.

Moninkertaiset sekoittumisalueet

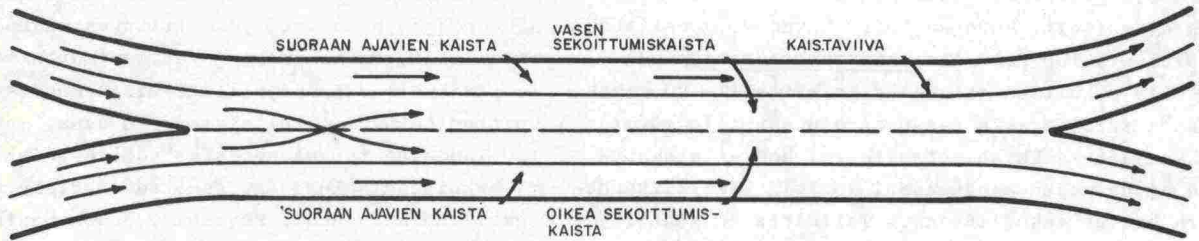
Kuvassa 7.3a esitetyn yksinkertaisen sekoittumis- alueen, jossa on vain yksi liittyvä haara ja erka- neva haara, vastakohtana ovat monimutkaiset useis- ta peräkkäisistä ramppiliittymistä muodostuvat se- koittumisalueet. Tällaista tien osaa, joka muodos- tuu kahdesta tai useammasta "päällekkäin" meneväs- tä sekoittumisalueesta, sanotaan moninkertaiseksi sekoittumisalueeksi. Kuvassa 7.3b on moninkertai- sen sekoittumisalueen tyyppiesimerkki. Moninker- tainen sekoittumisalue voidaan myös määritellä sel- laiseksi yksisuuntaisen ajoradan osaksi, jolla kahta peräkkäistä saapuvien rampin liittymää vä- littömästi seuraa yksi tai useampi erkanevan rampin liittymä, tai jolla yksi saapuvan rampin liittymä on välittömästi ennen kahta tai useampaa erkanevan rampin liittymää. Moninkertaisia sekoittumisaluei- ta esiintyy usein kaupunkialueilla, joilla suuret liikennemäärät on lyhyellä matkalla jaettava pää- tieltä katuverkkoon tai koottava takaisin pääväy- lälle. Moninkertaisten sekoittumisalueiden toimin- ta on monimutkaisempaa kuin yksinkertaisilla se- koittumisalueilla, mistä johtuen niiden tutkiminen on myös vaikeampaa.

Toispuoliset ja molemminpuoliset sekoittumisalueet

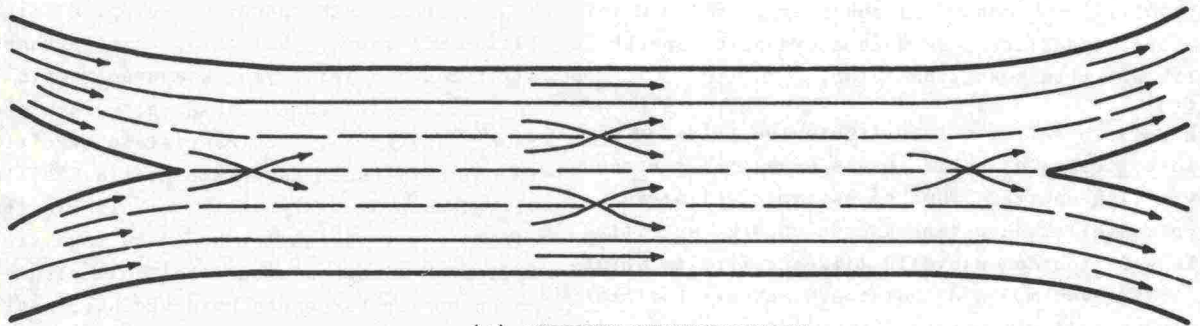
Kummatkin edellä käsitellyt sekoittumisaluetyypit voidaan jakaa edelleen kahteen ryhmään: alueisiin, joilla sekoittuminen tapahtuu vain toiselta puo- lelta ajorataa sekä alueisiin, joilla sekoittumi- nen tapahtuu molemmilta puolilta. Jälkimmäisessä tapauksessa sekoittumisen on siis tapahduttava ajoradan yli. Nämä kaksi sekoittumisaluetyyppiä on esitetty kuvissa 7.3c ja 7.3d. Toispuolinen sekoittumisalue esiintyy yleisesti useimmilla moot- toriteillä, joilla saapuvat ja erkanevat rampit on rakennettu vain ajoradan oikealle puolelle. Kak- sipuoliset sekoittumisalueet esiintyvät silloin, kun kahden merkittävän tien toisiaan leikkaavat ajoradat yhdistyvät sekoittumisalueeksi, kuten ku- vissa 7.1a, 7.1e ja 7.1h on esitetty. Lisäksi ne esiintyvät kiertoliittymässä, joka on esitetty ku- vassa 7.1i. Kaksipuolisia sekoittumisalueita käy- tetään jossakin määrin myös eri tasoihin rakenne- tuissa suuntaisliittymissä, joissa sekä oikealle että vasemmalle kääntymään aikovat ajoneuvot erka- nevat samaa "rampia" pitkin sekä joissakin tapauk- sissa käytettäessä vasemmanpuolisia rampeja oikean- puoleisten lisäksi.



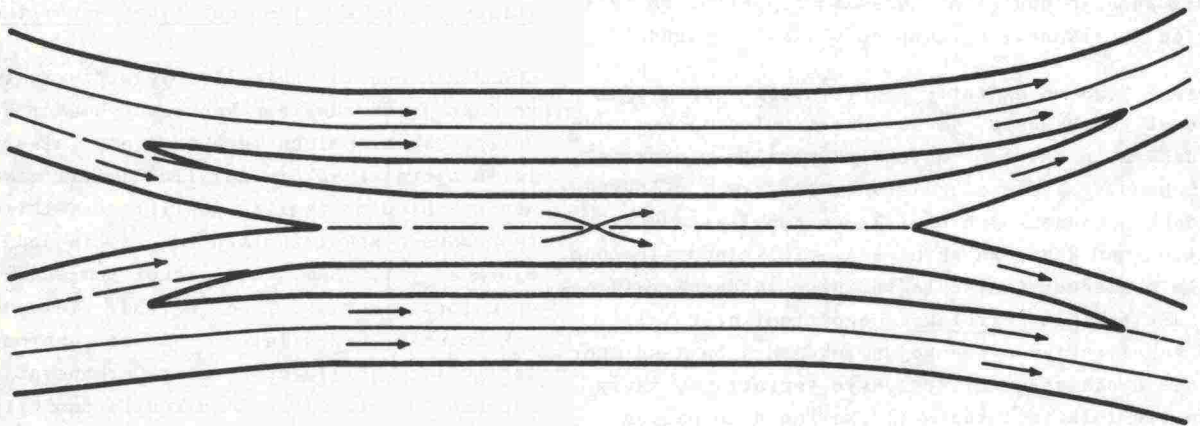
(a) SEKOITTUMISALUEEN PERUSTAPAU
KOKO LIIKENNE SEKOITTUU



(b) YHDISTETTY SEKOITTUMISALUE
PALVELEE SEKÄ SEKOITTUVAA ETÄ SEKOIT-
TUMATONTA LIIKENNETÄ



(c) KERROTTU SEKOITTUMISALUE
KUKIN SEKOITTUVA LIIKENNEVIRTA JOUTUU
SEKOITTUMAAN KAHTEN KERTAAN



(d) EROTETTU SEKOITTUMISALUE
SEKOITTUVAT JA SEKOITTUMATTOMAT
LIIKENNEVIRRAT KÄYTTÄVÄT ERI AJORATOJA

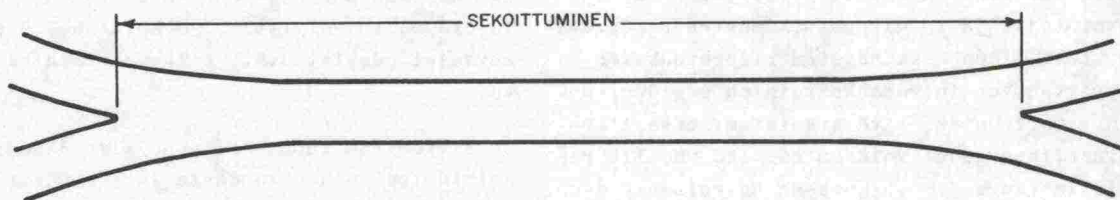
Kuva 7.2
Yksinkertaisia sekoittumisalueita.

SEKOITTUMISALUEIDEN AJO-OLOSUHTTEET

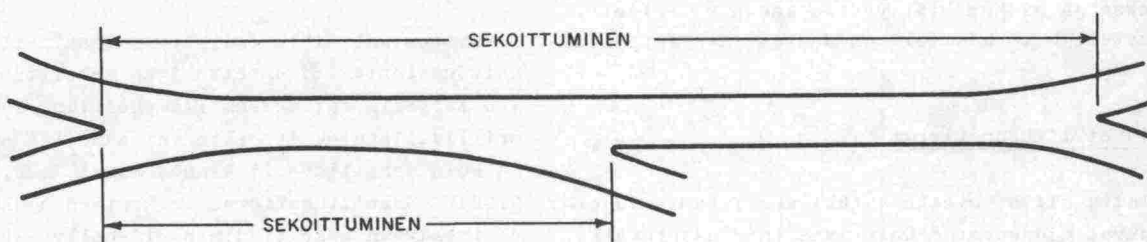
Sekoittumisalueilla ajoneuvot saapuvat yhteiselle ajoradan osalle kahdelta tai useammalta tulohaaralta ja erkanevat jälleen lyhyen matkan kuluttua kahdelle tai useammalle lähtöhaarelle. Lisäksi tulo- ja lähtöhaarojen välimatka on verraten lyhyt. Jos tarkasteltavat liikennevirrat ovat verraten samanarvoisia, on kyseessä sekoittumisen perustapaus, jota tämän luvun loppuosassa käsitellään. Sekoittumisen perustapauksia on esitetty kuvissa 7.3a ja 7.3b. Tällaiset sekoittumistehtävät käsitellään siis tässä luvussa esitetyillä menetelmillä etenkin verraten tärkeiden teiden ollessa kyseessä. Kuvas-

sa 7.3d esitetty kaksipuolinen sekoittuminen käsitellään myös usein näillä menetelmillä. Jos tehtävänä on selvittää toispuolisen sekoittumisen ominaisuudet esim. kuvassa 7.3c esitetyssä tapauksessa, saattavat luvussa 8 esitetyt ratkaisumenetelmät olla sopivampia.

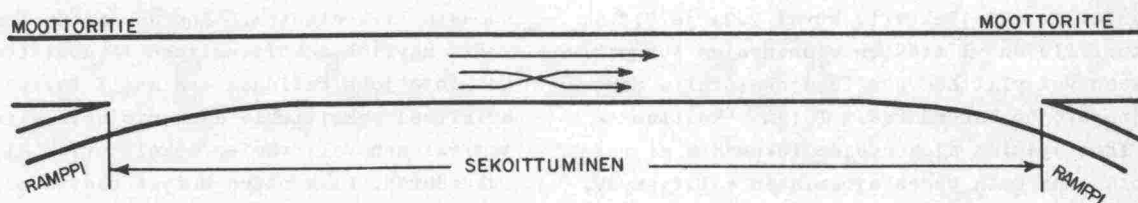
Sekoittumisalue välittää kaksi erilaista liikennevirtaa: 1) sekoittumisalueelle saapuvan, sen läpi kulkevan ja siltä erkanevan liikennevirran, joka ei leikkaa muiden ajoneuvojen normaalia ajouraa, ja 2) liikennevirran, jonka on pakko leikata muiden sekoittumisalueelle saapuvien ajoneuvojen ajourat. Periaatteessa sekoittumisalue muodostuu jälkimmäi-



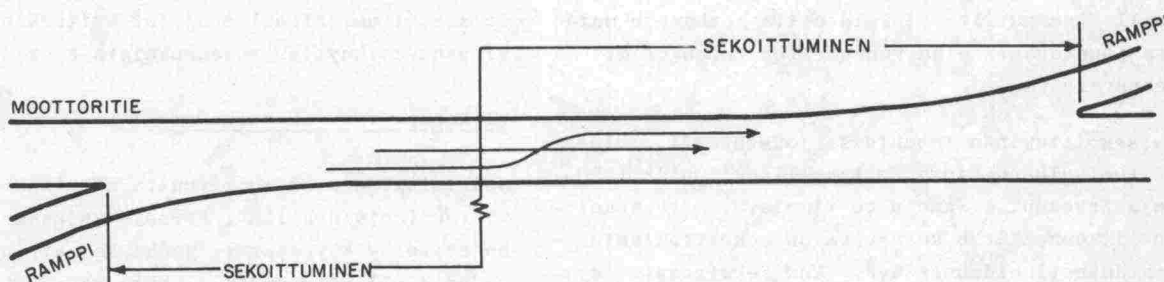
(a) YKSINKERTAINEN SEKOITTUMINEN



(b) MONINKERTAINEN SEKOITTUMINEN



(c) TOISPUOLEINEN SEKOITTUMINEN



(d) MOLEMMINPUOLEINEN SEKOITTUMINEN

Kuva 7.3
Sekoittumisalueiden perustyypppejä.

seen ryhmään kuuluvien ajoneuvojen takia. Hyvin suunnitellulla, mutta lyhyellä sekoittumisalueella, jonka kuormitus on välityskykyä alhaisempi, nämä kaksi liikennevirtaa eroavat toisistaan käytännössäkin lähes yhtä selvästi kuin teoriassa. Tällöin voidaan kumpikin liikennevirta tutkia ja analysoida erikseen. Korkeillakin liikennetiheyksillä, jolloin nämä kaksi liikennevirtaa vaikuttavat toisiinsa liikennevirtavastuksesta johtuen, voidaan tätä yleistä käsittelytapaa käyttää.

Sekoittumisalueiden geometriaa, liikennemääriä ja niillä saavutettavia käyttönopeuksia koskevat tiedot on kerätty Bureau of Public Roads'in suorittamista koko liittovaltion aluetta koskevista tutkimuksista (1, 2) sekä muista lähteistä (3). Näiden tutkimusten tulokset on esitetty liitteessä B. Kenttähavaintojen ja toimivuustutkimusten perusteella on em. tekijöiden keskinäisten riippuvuuksien todettu pysyvän varsin samankaltaisina useiden vuosien ajan. On todettu, että sekoittumisessa ilmenevät perusriippuvuudet voidaan esittää yhdellä peruskuvaajalla (kuva 7.4). Kuvassa on esitetty sekä graafinen kuvaaja että siihen liittyvä kaava, joita molempia täytyy käyttää sekoittumisongelmia ratkaistaessa.

Kuvaajassa ja siihen liittyvässä kaavassa esitettyjä perustekijöitä käsitellään seuraavissa kappaleissa.

Sekoittuvat liikennevirrat

Riippumatta siitä, ovatko kaikki sekoittumisalueelle saapuvat ajoneuvot sekoittuvia tai jakautuvatko saapuvat ajoneuvot kahteen edellä esitettyyn ryhmään, on selvää, että jokainen sekoittuva ajoneuvo joutuu ylittämään sekoittumislinjan (todellinen tai kuviteltu saapuvien ja erkanevien ramppien kärkiä yhdistävä linja) jollakin kohdalla linjan alku- ja loppupisteiden välillä (vrt. kuvat 7.2a ja 7.2b). Sekoittumislinjan ylittävien ajoneuvojen lukumäärä ei koskaan voi ylittää yhdelle ajokaistalle mahtuvien ajoneuvojen lukumäärää. Täten sekoittumisalueen läpi ajavien ajoneuvojen lukumäärä ei voi olla korkeampi kuin yhden ajokaistan välityskyky, jos kaikki ajoneuvot joutuvat sekoittumaan verraten samanaikaisesti. Tällöin oletetaan luonnollisesti, että sekoittumisalue toimii tarkoitettulla tavalla eli siis siten, että ajoneuvot pääsevät molemmilta saapuvilta ajokaistoilta jatkamaan matkaansa joustavasti eikä vuorotellen kuten esim. liikennevaloissa.

Jotta sekoittuminen tapahtuisi joustavasti, tulee sekoittumisalueen ajoradan tavallisesti olla tulohaaroja leveämpi. Samoin on ilmeistä, että sekoittuvan liikennemäärän kasvaessa on sekoittumisaluetta vastaavasti pidennettävä. Kun sekoittuvien ajoneuvojen lukumäärä ylittää yhden ajokaistan välityskyvyn, joutuvat jotkut ajoneuvot suorittamaan sekoittumisen kahdessa vaiheessa, jolloin tulokse-

na on kerrottu sekoittuminen, jota käsiteltiin aikaisemmin kuvan 7.2c yhteydessä. Kun sekoittuva liikennemäärä vastaa suunnilleen kahden ajokaistan välityskykyä, tulee sekoittumisalueen teoriassa olla kolme kertaa niin pitkä kuin yhden ajokaistan välityskykyä vastaavalla sekoittuvalla liikennemäärällä.

Sekoittumisalueen teholliseen pituuteen vaikuttaa ainakin korkeilla palvelutasoilla sen matkan pituus, jonka aikana toisella tulohaaralla ajavat kuljettajat voivat nähdä toista tulohaaraa pitkin ajavan liikenteen. Tällä matkalla toisiaan leikkaavilla ajourilla ajavat kuljettajat voivat muuntaa ajoneuvonsa nopeutta ja sijaintia sekoittumiselle sopivaksi ennen sekoittumisalueelle saapumista. Näkemäetäisyyden vaikutuksen määrä ei vielä ole voitu selvittää, ja kuvassa 7.4 esitetyt kuvaajat edellyttävät, että näkemämatka on riittävä.

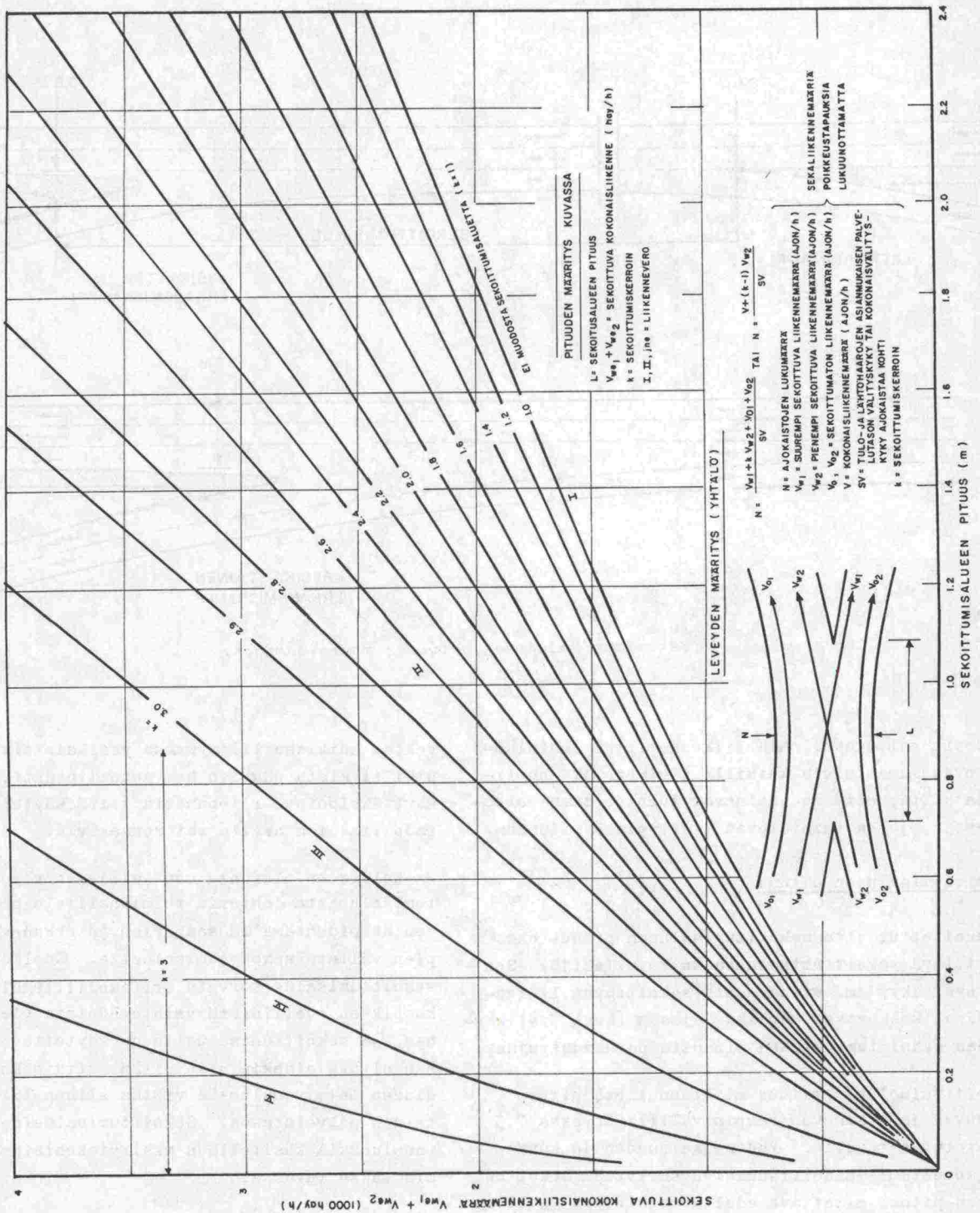
Sekoittumisen luonne riippuu siis pääasiassa sekoittumisalueen pituudesta ja leveydestä sekä liikennevirran ajoneuvokoostumuksesta.

Sekoittumattomat liikennevirrat (ulommat liikennevirrat)

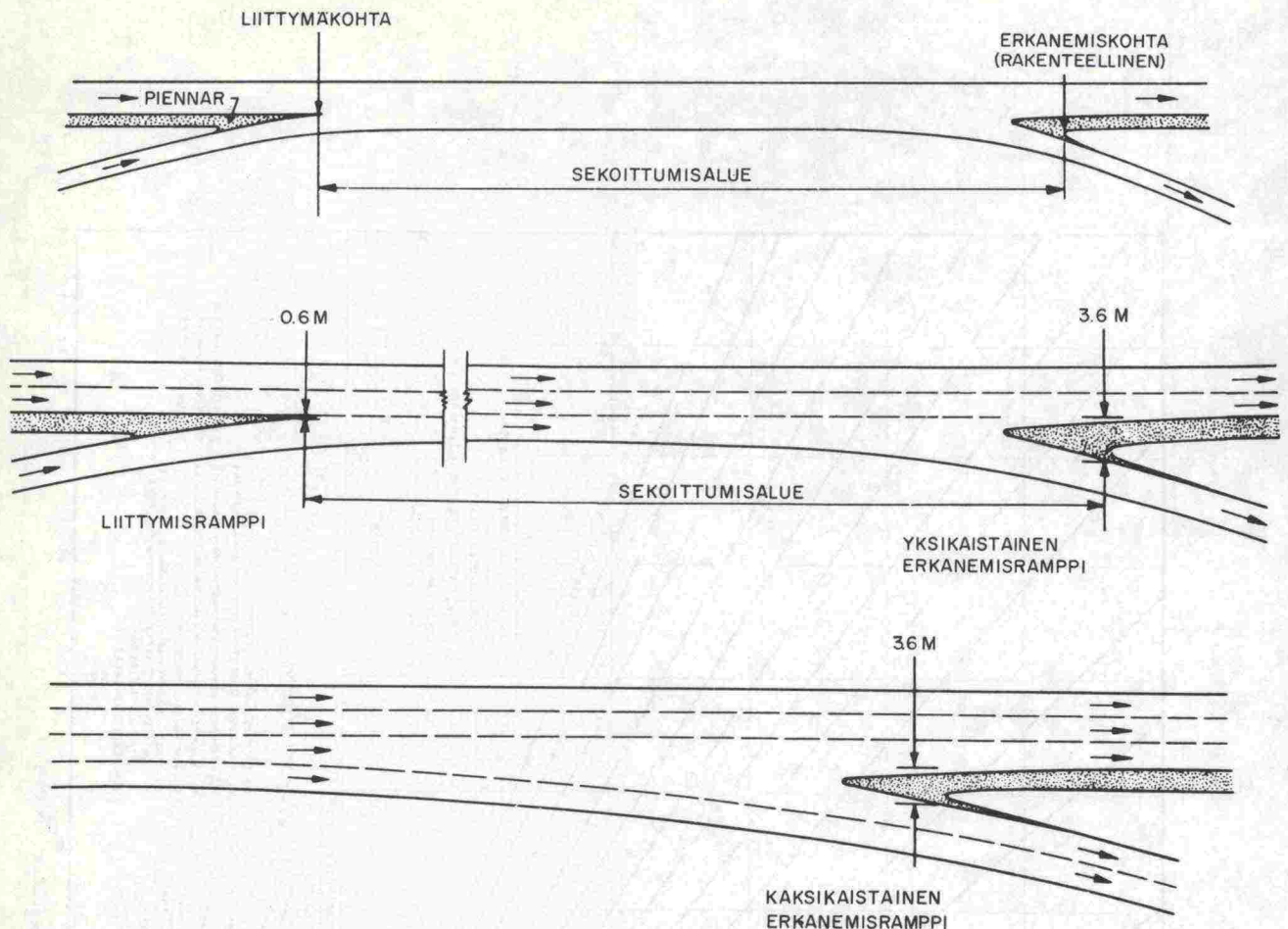
Sekoittumisalueilla esiintyy normaalisti myös sekoittumatonta liikennettä joko sekoittumiskaistojen toisella tai molemmilla puolilla olevilla erillisillä ajokaistoilla tai samoilla ajokaistoilla kuin sekoittuva liikenne (kuvat 7.2b, 7.2c, 7.2d). Sekoittumattoman liikenteen ajokaistojen välityskyvyn määrittäminen ei edellytä uutta ratkaisutapaa, koska niiden katsotaan olevan samankaltaisia kuin monikaistaisten teiden pääliikennesuunnan ajokaistat. Jotta sekoittumisalue toimisi asianmukaisesti ja tehokkaasti, on näiden lisäkaistojen voitava välittää suurin osa sekoittumattomasta liikenteestä. Jos sekoittumaton liikennevirta käyttää sekoittumiseen tarkoitettuja ajokaistoja joko valinnanvaraisesti tai pakosta, se häiritsee sekoittuvia ajoneuvoja ja alentaa sekoittumisalueen välittämien sekoittuvien ajoneuvojen lukumäärää. Liikenteen huiput saattavat edellyttää ryhmittymismerkkejä, joilla ajajille osoitetaan tulohaaran käytettävä puoli riippuen siitä, jatkavatko he sekoittumatta vai eivät, varsinkin jos sekoittuva liikennemäärä on suuri. Yksinkertaisilla sekoittumisalueilla ajajat kuitenkin normaalisti osaavat käyttää asianmukaista ajokaistaa.

Liikennevirran laatuluokat

Sekoittumisalueen toimivuutta mitataan "liikennevirran laatuluokilla". Peruskuvaajassa (kuva 7.4) on esitetty käyräparvi, jonka käyrät on numeroitu yhdestä (I) viiteen (V). Nämä käyrät vastaavat erilaisia liikennevirran laatuluokkia hyvästä huonoon. Kuten tässä luvussa myöhemmin yksityiskoh-



Kuva 7.4
Sekoittumisalueiden ajo-olosuhteet.



Kuva 7.5.
Sekoittumisalueiden pituuden määrittäminen.

taisesti esitetään, nämä liikennevirran laatuluokat ovat samanlaisia kaikilla tietyypeillä huolimatta siitä, että ne vastaavat luonteeltaan palvelutasoja, jotka vaihtelevat tietyypestä riippuen.

Sekoittumisalueen pituus

On osoitettu, että sekoittumisalueen pituus on merkittävä sekoittumiseen vaikuttava tekijä. Sen tärkeys näkyy mm. siinä, että sekoittuvaa liikennemäärää koskevassa peruskuvaajassa (kuva 7.4) käytetään sekoittumisalueen pituutta perusmuuttujana.

Sekoittumisalueen pituus mitataan tietä pitkin saapuvan ja erkanevan rampin väliltä kuvassa 7.5 osoitetulla tavalla. Yhdenmukaisuuden ja kuvan 7.4 soveltamismahdollisuuksien säilyttämiseksi on alueen pituus mitattava edellä mainitulla tavalla. Pituuden mittauspisteet määritetään siten, että yhtyvien tai erkanevien ajoratojen reunaviivoja jatketaan suoraan tai kaarena kyseisen ajoradan linjauksen mukaisesti, minkä jälkeen sekoittumisalueen pituus mitataan liittymispäässä pisteestä, jossa edellä mainittujen reunaviivojen jatkeiden välinen etäisyys on 60 cm (2 ft) erkanemispään pisteeseen, jossa reunaviivojen välinen etäisyys on 3.6 m (12 ft). Tätä menettelytapaa voidaan so-

veltaa kaikissa liittymissä yksikaistaisista rampiliittymistä päätien haarautumiin asti, ja se on käyttökelpoinen riippumatta siitä käytetäänkö ajoradoilla pientareita vai reunakiviä.

Paikallisten olosuhteiden salliessa voidaan sekoittumisalueista johtuvia toiminnallisia haittoja vähentää pidentämällä saapuvien ja erkanevien rampien välistä sekoittumisaluetta. Edelleen voidaan sekoittumisalue korvata eritasoliittymällä. Ellei kumpikaan edellisistä vaihtoehdoista ole mahdollinen, ja sekoittumisaluetta on käytettävä, olisi sen oltava ainakin niin pitkä, että sekoittumisalueen toimivuusluokka vastaa siihen liittyvien teiden palvelutasoa. Sekoittumisalueiden toimivuusluokkia käsitellään yksityiskohtaisesti myöhemmin tässä luvussa.

Sekoittumisalueiden leveys

Sekoittumisalueita koskevassa peruskuvaajassa (kuva 7.4) on sekoittuvan liikennemäärän perusmuuttujana eri toimivuusluokissa käytetty ainoastaan sekoittumisalueen pituutta. Sekoittumisalueen leveys ajokaistojen lukumääränä ilmaistuna on kuitenkin yhtä merkittävä tekijä.

Sekoittumisalueita käsiteltäessä on siis selvitetävä sekä sekoittumisalueen pituus että leveys. Tässä tehtävässä on kaksi vaihetta: 1) määritetään alueen pituus sekoittuvan liikennemäärän ja halutun toimivuusluokan perusteella, ja 2) määritetään sekoittumisalueen leveys sekoittuvan liikennemäärän, ulompien liikennevirtojen liikennemäärän sekä ajokaistojen palvelutasojen välityskykyjen tai kokonaisvälityskyvyn perusteella.

Kuten aikaisemmin esitettiin, sekoittuvat liikennevirrat ja suoraan ajavat liikennevirrat yleensä erottuvat toisistaan kahdeksi ryhmäksi lyhyillä sekoittumisalueilla. Suoraan ajavan liikennemäärän edellyttämien ajokaistojen lukumäärä voidaan täten laskea samoin kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa mille tielle tahansa, ts. liikennemäärä jaetaan asianmukaisella ajokaistan palvelutason välityskyvylä tai kokonaisvälityskyvylä. Jos siis sekoittumisalueella on kaksi suoraan ajavaa liikennevirtaa ja niiden määrää osoitetaan termeillä V_{01} ja V_{02} ja ajokaistan palvelutason välityskykyä termillä SV , saadaan tämän liikennemäärän edellyttämien ajokaistojen lukumäärä kaavasta $(V_{01} + V_{02})/SV$.

Sekoittuvien liikennemäärien edellyttämien ajokaistojen lukumäärä voidaan laskea samankaltaisella tavalla käyttämällä sekoittuvia liikennemääriä osoittavia termejä V_{w1} ja V_{w2} osoittajassa ja samaa arvoa SV nimittäjässä. On osoitettu, että sekoittuva liikennemäärä edellyttää leveämpää aluetta kuin vastaavan suuruinen katkeamaton liikennevirta. Käytettävissä olevien tietojen perusteella on muodostettu tätä seikkaa osoittava kaava, joka osoittaa, että sekoittuvien liikennevirtojen edellyttämien ajokaistojen lukumäärä on $(V_{w1} + k V_{w2})/SV$ jossa V_{w1} on suurempi sekoittuva liikennemäärä ajoneuvoina tunnissa, V_{w2} pienempi sekoittuva liikennemäärä ajoneuvoina tunnissa, k on sekoittumiskerroin, joka vaihtelee välillä 1.0 - 3.0 ja SV on ajokaistan palvelutason välityskyky ajoneuvoina tunnissa. Itse asiassa k -kerroin on ekvivalenttitekijä, jolla pienemmän sekoittuvan liikennemäärän vaikutusta lisätään maksimitapauksessa jopa kolminkertaiseksi ajoneuvojen lukumääränä ilmaistuna. Yhdistämällä edellä esitetyt kaksi kaavaa ja olettamalla, että sekä suoraan ajavat ajoneuvot että sekoittumiseen osallistuvat ajoneuvot käyttävät jossakin määrin samoja ajokaistoja, saadaan sekoittumisalueella tarvittavien ajokaistojen kokonaismäärää osoittavaksi kaavaksi:

$$N = \frac{V_{w1} + k V_{w2} + V_{01} + V_{02}}{SV} \quad (7.1a)$$

Jos $V_{w1} + V_{w2} + V_{01} + V_{02} = V$ eli sekoittumisalueen välittämä kokonaisliikennemäärä saa kaava muodon:

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV} \quad (7.1b)$$

Tässä muodossa tulee sekoittumisen erityisvaikutus varsin ilmeiseksi verrattuna termiin V/SV , joka vastaa katkeamatonta liikennevirtaa. Molemmat kaavat sisältyvät kuvaan 7.4.

Laskemisen helpottamiseksi on kertoimen k eri arvoille esitetty joukko käyriä. Maksimiarvoa ($k=3.0$) sovelletaan lyhyillä sekoittumisalueilla, joiden toimintaa käyrät III, IV ja V kuvaavat. Jos sekoittumisalueen todellinen pituus on edellytettyä vähimmäisarvoa suurempi, kuten esim. käyrän III oikealla puolella esitetyissä olosuhteissa, sekoittumisen haittavaikutukset vähitellen vähenevät ja k -kertoimen arvo asteittain alenee ja on 1.0 käyrän I esittämässä tapauksessa. Tällä käyrällä ja sen oikealla puolella osoituksissa olosuhteissa alueen ei enää katsota kuuluvan sekoittumisalueisiin, kuten myöhemmin yksityiskohtaisesti esitetään, ja yhtälön 7.1b sijasta käytetään yhtälöä

$$N = V/SV, \quad (7.1c)$$

joka osoittaa tarvittavien ajokaistojen lukumäärän katkeamattoman liikennevirran häiriytymättömissä olosuhteissa.

Korkeilla palvelutasoilla sekoittumisalueen leveyden määrittävissä yhtälöissä käytetyn termin SV tulisi olla saapuville ja erkaneville ajoradoille valittua palvelutasoa vastaava keskimääräinen ajokaistan välityskyky sekä palvelutasoilla C ja D asianomaista huipputuntikerrointa vastaava välityskyky. Taulukossa 9.1 on osoitettu nämä arvot moottoriteillä. Näitä lukuarvoja tulee luonnollisesti pienentää, jos paikalliset olosuhteet, esimerkiksi kuorma-autojen osuus, pituuskaltevuudet ja ajokaistojen leveydet sitä edellyttävät.

Termille SV on kuitenkin määritetty tiettyjä sekoittuvan liikennevirran laatuluokasta ($I-V$) riippuvia maksimiarvoja. Nämä ovat käytännössä alhaisempia kuin moottoriteillä esiintyvä ajokaistan välityskyvyn perusarvo ihanneolosuhteissa (2000 ajon./h), mikä kuvaa sekoittumisesta aiheutuvia häiriöitä. Nämä ihanteellisia geometrisia ominaisuuksia ja saapuvan liikenteen ihanneolosuhteita edustavat lukuarvot on esitetty taulukossa 7.1.

Määritettäessä sekoittumisalueella voimakkaasti kuormitetuissa olosuhteissa tarvittavien ajokaistojen lukumäärää tulisi käyttää taulukossa 7.1 esitettyjä arvoja eikä taulukossa 9.1 esitettyjä perusarvoja. Kuten edellä esitettiin, nämä arvot tulee muuntaa SV -arvoiksi käyttämällä ajokaistan leveydestä, kuorma-autojen osuudesta, pituuskaltevuudesta jne. johtuvia korjauskertoimia.

Joissakin tapauksissa saattaa tulokseksi saatava termi N olla kokonaisluku, mutta normaalisti se osoittaa, että määrättyjen kokonaisten ajokaistojen lisäksi tarvittaisiin jonkin verran lisää vä-

Taulukko 7.1 LIIKENNEVIRRRAN LAATULUOKAN JA AJOKAISTAN KORKEIMMAN LIIKENNEMÄÄRÄN VÄLINEN RIIPPUVUUS SEKOITTUMIS-ALUEILLA

LIIKENNEVIRRRAN LAATULUOKAN KUVAAJA	AJOKAISTAN KORKEIN LIIKENNEMÄÄRÄ (hay/h)
I	2 000
II	1 900
III	1 800
IV	1 700
V	1 600

lityskykyä. Tulkittaessa tätä tulosta ja pyritäessä arvioimaan yhden lisäkaistan tarpeellisuutta on käytettävä perusteellista harkintaa, koska varsinaista ohjetta käytännöksi ei voida esittää. Toivottu palvelutaso verrattuna tarvittavan "ajokaistan osan" suuruuteen ovat tärkeimmät huomioon otettavat tekijät. Toisessa ääritapauksessa, kun palvelutaso on korkea (liikennemäärä alhainen), suoraan menevät liikennevirrat ovat hallitsevia ja lisäksi desimaaliosa on pieni, ei lisätty ajokaista ole tarpeen, koska sekoittumisalue voi välittää pienehkön ylikuormituksen ilman merkittäviä vaikeuksia. Toisessa ääritapauksessa, kun kuormitus on lähellä välityskykyä, sekoittuvat liikennevirrat muodostavat valtaosan kokonaisliikennemäärästä ja tuloksen desimaaliosa on suuri, on yksi lisäkaista ehdottomasti tarpeellinen.

Nopeuden, sekoittuvan liikennemäärän, sekoittumisalueen pituuden ja leveyden väliset riippuvuudet

Nopeuden ja liikennemäärän keskinäiset suhteet sekä sekoittumisalueen pituus ja leveys vaikuttavat huomattavasti alueen toimintaominaisuuksiin sekä määrittävät liikennevirran laatuluokan. Riippuvuuksien havainnollistamiseksi oletetaan, että tarkasteltava sekoittumisalue on hyvin lyhyt, esim. 15-30 m (50-100 ft). Oletetaan lisäksi, että kaikki liikenne on sekoittuvaa. Hyvin alhaisilla liikennemäärillä sekoittuvat ajoneuvot häiritsevät toisiaan vain hyvin vähän jopa näinkin lyhyellä alueella, koska joltakin ajosuunnalta saapuva ajoneuvo yleensä osuu toiselta tulosuunnalta saapuvan liikennevirran aukkoon. Liikennemäärän kasvaessa kasvaa kuitenkin myös todennäköisyys, että ajoneuvot saapuvat sekoittumisalueelle molemmilta tulosuunnilta yhtä aikaa, kunnes kohtalaisen suurilla liikennemäärillä useiden ajajien on pakko hidastaa nopeuttaan sopeuttaakseen saapumishetkenä sopivaan aukkoon, minkä lisäksi joidenkin on py-

sähdyttävä ja odotettava toisessa liikennevirrassa esiintyvää aukkoa. Kun sekoittumisalue on kuormitettu välityskykyynsä asti, täytyy monien ajoneuvojen pysähtyä, eikä sekoittumisalue enää palvele aiottua tarkoitustaan. Sekoittumisalueen toiminta on tällöin verrattavissa tavalliseen vinoon liikennevalottomaan liittymään, jonka välityskyky on noin 1500 ajon./h. Tämä arvo vastaa yhden ajokaistan liikenteenvälityskykyä verraten alhaisilla nopeuksilla tukkeutuneissa liikenneolosuhteissa, kun kaikkien ajoneuvojen on pysähdyttävä jossakin tulohaaran varrella.

Edellistä pitemmät sekoittumisalueet voivat kuitenkin välittää huomattavasti suurempia liikennemääriä. Jos sekoittumisalueen pituus on riittävä, voivat useimmat ajoneuvot sekoittua joutumatta alentamaan nopeuttaan huomattavasti. Yleisesti ottaen voidaan esittää, että mitä pitempi sekoittumisalue on, sitä suuremman sekoittuvan liikennemäärän se voi välittää ja sitä suurempi ajamisvapaus on saavutettavissa olettaen, että sekoittumisalueen leveys on joka kohdassa riittävä.

Jos sekoittuminen tapahtuu verraten lyhyellä sekoittumisalueen osalla ja suoraan ajaville liikennevirroille on riittävästi käytettävissä omia ajokaistoja, voidaan osoittaa verraten selvä riippuvuus sekoittuvan liikennemäärän, $V_{we1} + V_{we2}$ (jossa V_{we1} vastaa suurempaa ja V_{we2} vastaa pienempää sekoittuvaa liikennemäärää kumpikin ilmaistuna henkilöautoyksikköinä), sekoittuvan liikennemäärän käyttönopeuden sekä sekoittumisalueen pituuden, L , välillä. Nämä toimivuustutkimuksista ja sekoittumisalueilta käytettävissä olevista liikennemäärä- ja nopeustiedoista määritetyt riippuvuudet on osoitettu kuvan 7.4 käyrillä III, IV ja V, jotka edustavat erilaisia liikennevirran laatuluokkia.

Olosuhteissa, joissa ajajat joutuvat erottautumaan sekoittuvaksi ja sekoittumattomaksi liikennevirraksi, osoittavat em. käyrät III, IV ja V verraten korkeilla liikennemäärillä esiintyviä ajo-olosuhteita, joissa käyttönopeudet sekoittumisalueella ovat tavallisesti n. 64-72 km/h (40-45 mph) (käyrä III), 48-56 km/h (30-35 mph) (käyrä IV) ja 32-48 km/h (20-30 mph) (käyrä V). Käyrät osoittavat, että tietyllä sekoittuvalla liikennemäärällä nopeudet kasvavat sekoittumisalueen pidentyessä tai että tietyn pituisella sekoittumisalueella nopeudet alenevat sekoittuvan liikennemäärän kasvaessa kunnes saavutetaan tietty korkein liikennemäärän arvo, eli siis välityskyky. Välityskykyä vastaa tietty optiminopeus, joka on n. 32-48 km/h (20-30 mph), kuten käyrä V osoittaa.

Normaalisti välityskyvyn tasolla tapahtuva sekoittuminen edustaa niin suurta liikennetarvetta, että tulohaaroilla ajoneuvot joutuvat ajamaan jonoissa, jolloin sekoittumisalueelle on aina pyrkimässä ajoneuvoja. Tulohaarojen liikennemäärän mahdollinen kasvu tai mikä tahansa pienehkö on-

nettomuus aiheuttaa todennäköisesti voimakkaita häiriöitä näissä epävakaissa toiminnallisissa olosuhteissa. Kun kriittinen liikennetiheys ylitetään, nopeudet alenevat 32 km/h:n (20 mph) alle, eikä välityskyvyn arvoja voida enää saavuttaa. Tällöin täydellinen ruuhkautuminen tai liikenteen häiriytyminen tapahtuu hyvin nopeasti, minkä seurauksena on "pakotettu" liikennevirta.

Kuvassa 7.4 esitetyn käyrän III oikealla puolella olevissa olosuhteissa yli 64 km/h:n (40 mph) käytönnopeudet ovat sekoittumisalueilla mahdollisia. Toisaalta käyrän III edellyttämiä arvoja suurempi sekoittumisalueen pituus tai alhaisemmat liikennemäärät voivat yleensä tehdä tyhjäksi sekoittuvan ja sekoittumattoman liikenteen erottumisesta saadun hyödyn. Toisin sanoen, jos tietyllä liikennemäärällä sekoittumisalueen pituus on suurempi kuin käyrä III osoittaa, on odotettavissa, että yhä suurempi osa sekoittuvasta ja sekoittumattomasta liikenteestä ajaa toistensa joukossa, minkä johdosta sekoittuvan liikennemäärän, siis sekoittumattomasta erillään olevan liikennemäärän, nopeus saattaa mahdollisesti olla korkeampi kuin 64 km/h (40 mph), jota käyrä III vastaa.

Tästä syystä ei käyrän III oikealla puolella ole viin käyriin ole pyritty liittämään tiettyä käytönnopeuden arvoa. Yleisesti ottaen käyrä III kuvaa kuitenkin hyviä ajo-olosuhteita, joissa sekoittuvat ajoneuvot joutuvat muuttamaan ajonopeuttaan vain vähäisessä määrin edellyttäen, että sekoittumisalue on riittävän leveä. Samalla tavoin käyrä I kuvaa sujuvan liikennevirran olosuhteita, joissa sekoittuvan liikenteen nopeus on suunnilleen sama kuin sekoittumisalueen koko liikennemäärän nopeus katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa määriteltynä kyseisissä liikenne- ja tieolosuhteissa. Käyrä I kuvaa tavallisesti alhaisia liikennemääriä ja korkeata toimivuusluokkaa.

Moottoriteillä käyttönnopeudet sekoittumisalueilla ovat määrättyillä palvelutasolla keskimäärin 8-16 km/h (5-10 mph) alhaisempia kuin vastaavalla palvelutasolla tien muilla osuuksilla.

Todettakoon, että kuvassa 7.4 käyrien III ja I välisellä alueella sekoittumisalueen pituus on osittain korvattu alueen leveydellä. Täten mitä pitempi sekoittumisalue on, sitä alhaisempi on tietyllä sekoittuvalla liikennemäärällä ajokaistojen lukumäärän määrittävässä kaavassa käytetyn k-kerroimen arvo.

Tieosat, jotka eivät muodosta sekoittumisalueita

Sekoittumisen vaikutus kasvaa sekoittumisalueen lyhyetessä. Vastaavalla tavalla sekoittumisen vaikutus vähenee sekoittumisalueen pituuden kasvaessa. Täten täytyy sekoittumisalueen pituuden kasvaessa saavuttaa tietty pituus, joka on niin pitkä, että sekoittumisen jakautuessa sille ei varsi-

naisia sekoittumisesta johtuvia vaikutuksia enää esiinny. Jos täten saapuvan ja erkanevan tien välimatka on niin pitkä, että sekoittumisesta johtuvat vaikutukset eivät ole suurempia kuin normaalin kaistanvaihdon vaikutukset, ei tieosa enää ole tavanomainen sekoittumisalue.

Käytettävissä olevat tiedot eivät ole riittäviä, jotta voitaisiin määritellä tarkasti ne olosuhteet, joissa sekoittumisen vaikutukset voidaan katsoa hävinneiksi. Täten ei voida myöskään määritellä sellaisia olosuhteita tai sekoittumista varten tarvittavan alueen pituutta, joiden vallitessa varsinaista sekoittumisaluetta ei enää tarvita. Vaikuttaa siltä, että alueen pituuden ylittäessä tietyn arvon määräytyissä sekoittuvan liikennemäärän rajoissa palvelutasot tai liikenteen välityskyky riippuvat vain vähän sekoittumisesta. Näiden perusteella on päätelty, että kun taulukossa 7.2 esitetty liikennemäärän ja tieosan pituuden suhteet toteutuvat tai pituus ylittää annetut arvot, ei tieosaa tarvitse suunnitella eikä sen toimintaa arvostella sekoittumisalueiden suunnitteluperusteiden mukaan.

Taulukossa 7.2 esitetty riippuvuudet ovat itse asiassa kuvassa 7.4 esitetyn käyrän I laatimisperusteet. Tälle käyrälle tai sen oikealle puolelle sattuvat arvot katsotaan sekoittumiseen kuulumattomiksi ja vastaavat katkeamattoman liikennevirran olosuhteita. Arvot, jotka ovat joko käyrän I yläpuolella tai vasemmalla puolella, edustavat sekoittumisolosuhteita. Käyrien I ja III väliin sattuvat arvot, kuten aikaisemmin todettiin, edustavat sekoittumisalueiden hyviä ajo-olosuhteita edellyttäen, että ajokaistoja on riittävästi.

PALVELUTASOT JA LIIKENTEENVÄLITYSKYKY

Edellä on korostettu, että sekoittuminen saattaa tapahtua eri tyyppisillä teillä ja varsin erilaisissa olosuhteissa moottoriteistä tavallisiin kaupungin katuihin asti. Tässä luvussa esitetyt sekoittumista koskevat peruskriteerit, jotka on esitetty kuvassa 7.4, on kehitetty eri tyyppisillä teillä esiintyviä "puhtaita" sekoittumisolosuhteita varten. Koska kullakin tiettyypillä on yksilöllinen palvelutasoasteikkonsa, ei peruskäsitteinä käytettyjä palvelutasoja A-F voida soveltaa kuvassa 7.4 esitettyyn sekoittumiskuvaajaan, koska se koskee kaikkia teitä. Kuvan käyrät pikemminkin esittävät erilaisia liikennevirran laatuluokkia, jotka on osoitettu luvuilla I-V. Taulukkoa 7.3 voidaan käyttää verrattaessa näitä liikennevirran laatuluokkaa osoittavia arvoja tutkittavan tyyppisen tien palvelutasojen kanssa.

Kuvassa 7.4 on käyrillä I-V esitetty sekoittuvan liikennemäärän riippuvuus sekoittumisalueen pituudesta. Kukin käyrä vastaa tiettyä suhteellisten ajo-olosuhteiden yhdistelmää tai sekoittumisen

Taulukko 7.2 LIIKENNEMÄÄRÄN JA TIEJAKSON PITUUDEN YHDISTELMÄT, JOTKA EIVÄT ENÄÄ MUODOSTA SEKOITTUMISALUETTA

SEKOITTUVAT LIIKENNEMÄÄRÄT (hay/h)	TIEJAKSON MINIMIPITUUS, L m (ft)
500	300 (1 000)
1 000	700 (2 400)
1 500	1,200 (4 000)
2 000	1,800 (6 000)

$a_{v_{we1}} + v_{we2}$

"voimakkuutta". Esimerkiksi käyrä I vastaa ajo-olosuhteita, joissa sekoittuvien ajoneuvojen vaikutus liikennevirran laatuun on varsin pieni. Toisessa ääritapauksessa käyrä V osoittaa "voimakaimmat" sekoittumisolosuhteet, jotka vastaavat tietyn pituisella sekoittumisalueella saavutettavaa välityskykyä eli korkeinta tuntiliikennemäärän arvoa. Näiden ääritapausten väliin jäävät käyrät (II-IV) kuvaavat tiettyjä koko vaihtelualueella esiintyviä välitapauksia.

Koska sekoittumisalueet lisäävät liikennevirrassa esiintyvää vastusta, voidaan olettaa, että sekoittumisalueilla käyttönopeudet ovat jonkin verran alhaisemmat kuin tavallisella tiellä liikennemäärästä riippumatta. Sekoittumisalueiden liikenteen-

välityskyvyn tulisi kuitenkin olla vähintään yhtä suuri kuin sille saapuvilla teillä, koska muussa tapauksessa sekoittumisen haittavaikutukset saattavat ilmetä pitkillä tiejaksoilla. Vaikkakin saman (vastaavan) palvelutason (ts. liikennevirran laatuluokan) säilyttäminen on toivottavaa koko tiejaksolla, saattavat rakenteelliset seikat tehdä tämän tuloksen saavuttamisen käytännössä mahdottomaksi. Tiejaksolla, jolla tällaisia rajoituksia esiintyy, on jo suunnittelussa otettava huomioon, että sekoittumisalueilla liikennevirran laatuluokka on alhaisempi kuin tien yleinen palvelutaso.

Tässä yhteydessä on todettava, että sekoittumisalueilla liikennöinti poikkeaa saman tien tavallisilla osuuksilla liikennöimisestä siten, että sekoittumisalueilla normaalia suurempi osuus liikenteestä vaihtaa kaistaa käyttäen samalla keskimääräistä ajonopeutta hieman alhaisempia nopeuksia. Ajo-olosuhteet saattavat tuntua rasittavimmilta sekoittumisalueilla, jolloin ajajien mielikuva ajamisen mukavuudesta koko tiejaksolla saattaa jonkin verran muuttua. Tämän huomioon ottaen tulisi suunnittelijan pyrkiä siihen, että liikennevirran sujuvuus alenisi mahdollisimman vähän sekoittumisalueilla. Tämän vuoksi tulisi mahdollisimman suurena määrin pyrkiä saamaan sekoittumisalueitten ajo-olosuhteet kyseisen tien yleisen palvelutason kanssa vertailukelpoisiksi. Jos palvelutaso sekoittumisalueella ei kuitenkaan ole huomattavasti alhaisempi kuin tiellä yleensä, ja jos sekoittumisalueita esiintyy verraten harvoin, useimmat ajajat hyväksyivät tämän lievän ajo-olosuhteiden huononemisen.

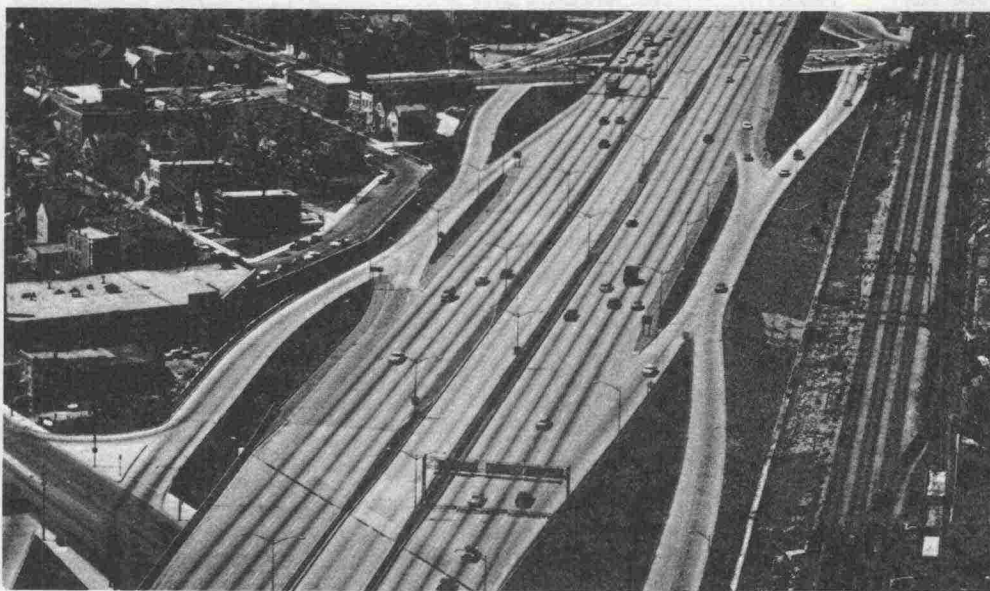
Taulukko 7.3 TEIDEN PALVELUTASOJEN JA SEKOITTUMISALUEIDEN TOIMIVUUSLUOKKIEN VÄLINEN RIIPPUVUUS

PALVELUTASO	TOIMIVUUSLUOKKA (LIIKENNEVIRRAN LAATULUOKKA) ^a			
	MOOTTORITIEET JA MONIKAISTAISET MAASEUDUN MAANTIEET		KAKSIKAISTAISET MAASEUDUN MAANTIEET	KAUPUNKI- JA ESIKAUPUNKIALUEIDEN PÄÄKADUT
	TAVALLINEN TIEJAKSO	MOOTTORITIEHEN LIITTYVÄT KADUT JA TIEET		
A	I-II	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	IV
E ^b	IV-V	V	V	V
F	← Epätyydyttävä ^c →			

^aKuvan 7.4 käyrien mukaan. Paksun viivan alapuolisia arvoja ei tavallisesti käytetä suunnittelussa. Kohdissa, joissa on kaksi arvoa, on vasemmanpuolinen toivottava ja oikeanpuolinen minimiarvo.

^bToiminta vastaa välityskykyä.

^cKorkein mahdollinen liikennemäärä vastaa luokkaa V, mutta saattaa olla paljon alhaisempikin.



Moottoritien rinnakkaisteillä olevia sekoittumisalueita.



Esimerkkejä moleminpuolisista yhdistetyistä sekoittumisalueista moottoriteillä.

Sekoittumisalueiden liikenteen erilaisia laatu-luokkia voidaan kuvata seuraavilla pääseikoilla:

- I. Ajo-olosuhteet ja nopeudet ovat lähes samalaiset kuin tiellä normaalisti sekoittumis-alueiden ulkopuolella ja ne riippuvat suurelta osin keskimääräisistä ajokaistojen liikennemääristä. Sekoittuvan liikennevirran vaikutus on alhainen tai olematon. Jos ajokaistoja on riittävästi, ovat ainakin 80 km/h:n (50 mph) nopeudet saavutettavissa.
- II. Ajo-olosuhteet ja nopeudet ovat vain lievästi alhaisemmat kuin tiellä yleensä sekoittumis-alueiden ulkopuolella häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa. Sekoittumisen vaikutus pääliikennevirtaan on alhainen. Käytettävä ajonopeus vaihtelee jonkin verran, mutta jos ajokaistoja on riittävästi, voidaan 72-80 km/h:n (45-50 mph) nopeudet saavuttaa.
- III. Sekoittuvat ajoneuvot voivat ajaa suuruusluokkaa 64-72 km/h (40-45 mph) olevilla nopeuksilla, vaikka eri ajoneuvojen ajonopeudet vaihtelevat verraten paljon, minkä lisäksi tunnin sisäisinä lyhyinä ajanjaksoina esiintyy nopeusvaihteluja. Sekoittumattomat ajoneuvot voivat käyttää korkeampia nopeuksia, jos sekoittumattomalle liikenteelle varattujen ajokaistojen välityskyky riittää. Ajoneuvot häiritsevät liikennevirrassa toisiaan enemmän kuin normaaleissa häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa, mutta liikennöimistaso on kohtuullisen hyvä, kun sekoittumisalueelle saapuvilla teillä käyttönopeudet ovat 80 km/h (50 mph).
- IV. Yksittäisten sekoittuvien ajoneuvojen nopeudet vaihtelevat huomattavasti, mutta yleensä sekoittuvat ajoneuvot voivat käyttää noin 48-56 km/h:n (30-35 mph) nopeuksia. Sekoittumattomat ajoneuvot voivat käyttää korkeampia nopeuksia, jos uloimmilla ajokaistoilla on riittävän korkea välityskyky. Liikennevirta voi satunnaisesti hidastua ja ajomukavuus alentua, mutta sekoittumisalueen toiminta on tyydyttävä olosuhteissa, joissa sekoittumisalueelle saapuvien teiden ajonopeudet normaalisti ovat alle 64 km/h (40 mph) varsinkin tehokkaasti rakennetuilla alueilla tai alueilla, joissa lyhytmatkainen liikenne tiellä on vallitseva.
- V. Tämä taso edustaa tietyn pituisen sekoittumisalueen liikenteenvälityskykyä eli yhden tunnin aikana välitettävien ajoneuvojen maksimilukumäärää. Välityskyvyn suuruisen liikennemäärän esiintyessä nopeus saattaa vaihdella varsin paljon, ja on normaalisti alle 48 km/h (30 mph) ja yleensä keskimäärin 32 km/h (20 mph) tai sitäkin alhaisempi. Ajaminen on yleensä hidasta ja liikennevirrassa esiintyy häiriöitä. Sekoittuvat ajoneuvot joutuvat esim. pysähtymään, sekoittumista tapahtuu eri ajokaistojen

välillä vaihdellen, minkä lisäksi sekoittumiskaistalta usein "kiilataan" rinnakkaiskaistoille. Sekoittumattomat ajoneuvot saattavat päästä varsinaisen sekoittumisalueen läpi kohtuullisen hyvin riippuen sekoittumattomalle liikenteelle varattujen ajokaistojen välityskyvystä. Pienehköjä onnettomuuksia tapahtuu verraten usein. Huippuliikenteen aikoina esiintyy tavallisesti myös jonoja, eikä sekoittumisalue toimi tehokkaasti ainakaan toisen tai jopa kummankaan saapuvan tien kannalta, mikä vaikuttaa sekä sekoittumattomaan että sekoittuvaan liikenteeseen. Tällaisia ajo-olosuhteita ei voi käyttää suunnitteluperusteina.

Sekoittumisalueen suunnittelulla tulisi pyrkiä koko tielle tarkoitetun palvelutason saavuttamiseen. Tämän johdosta joudutaan tervettä harkintaa käyttämään huomattavasti. Taulukossa 7.3 on verrattu kuvan 7.4 käyriä I-V vastaavia sekoittumisalueen toimivuusluokkia eri tyyppisten teiden, joiden osia sekoittumisalueet ovat, vastaaviin palvelutasoihin. Paiksun viivan alapuolella esiintyviä arvoja ei yleensä voida käyttää suunnittelussa. Kullakin palvelutasolla tulisi tapauksessa, jossa kaksi sekoittumisalueen toimivuusluokkaa on esitetty, käyttää ensimmäistä arvoa mikäli mahdollista. Toinen luokka osoittaa normaalisti sekoittumisalueen suunnittelussa sallitun minimiarvon. Toivottavia arvoja tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä käyttämään ainakin suunniteltaessa kahden moottoritien liittymän sekoittumisalueita tai yhdellä moottoritieellä esiintyviä molemminpuolisia sekoittumisalueita.

SEKOITTUMISALUEIDEN SUUNNITTELUPERUSTEET JA TOIMINNALLINEN ARVOSTELU

Yksinkertaiset sekoittumisalueet

Yleisiä näkökohtia

Yksinkertaisten sekoittumisalueiden tutkiminen on suhteellisen helppoa, koska siinä käytetään kuvassa 7.4 esitettyä sekoittumisen kuvaajaa ja yhtälöä yhdessä taulukoiden 7.1 ja 7.3 kanssa, joiden perusteella tietyn liikennemäärän edellyttämä sekoittumisalueen pituus ja leveys määritetään. Sekoittumisalueen kautta kulkevat liikennevirrat täytyy erotella ajosuunnittain kuvan 7.4 osoittamalla tavalla siten, että suoraan ajavat ajoneuvot, suurempi sekoittumissuunta ja pienempi sekoittumissuunta erotetaan. Tutkimusmenetelmiä voidaan käyttää myös päinvastaisessa järjestyksessä, jolloin sekoittumisalueen rakenne tunnetaan ja toiminnalliset olosuhteet halutaan selvittää.

Kuvassa 7.4 esitetyt käyrät osoittavat kolmen sekoittumiseen vaikuttavan perustekijän, sekoittumisalueen pituuden (kuvassa 7.5 määritellyllä tavalla), sekoittuvan kokonaisliikennemäärän ja

liikennevirran laatuluokan väliset riippuvuudet. Kun kaksi näistä tekijöistä tunnetaan, voidaan kolmas määrittää.

Tavallisesti esiintyvissä tehtävissä tunnetaan palvelutaso eikä liikennevirran laatuluokkaa, joten sekoittumisalueella esiintyvä liikennevirran laatuluokka on määritettävä kullekin tiettyypille palvelutasoittain taulukossa 7.3 esitettyjä riippuvuuksia käyttäen. Huomattakoon, että kuvien pystysuoralla akselilla esitetyt sekoittuvan liikenteen määrät on ilmaistu käyttäen dimensiona henkilöautoyksikköjä tunnissa (hay/h).

Kuvassa 7.4 esitetty yhtälö osoittaa sekoittumisalueen läpi ajavien eri liikennevirtojen, palvelutason ja tarvittavien ajokaistojen lukumäärän väliset riippuvuudet. Yhtälössä voidaan kaikki liikennemäärät ilmaista sekaliikennemäärinä ajoneuvoina tunnissa, ellei eri tulohaarojen pituuskaltevuudet tai kuorma-autojen prosenttiosuudet liikennevirrasta vaihtelee merkittävästi. Tällaisessa tapauksessa on harkittava henkilöautoyksikön käyttöä tai pyrittävä määrittämään keskimääräisiä olosuhteita vastaava kokonaisliikennemäärä.

Tutkittavan tien palvelutasojen välityskykyä tai kokonaisvälityskykyä vastaavan termin SV arvon määrittelee tieltä toivottu palvelutaso, joka määritetään luvuissa 9 ja 10 esitetyillä menetelmillä. Sekoittumisalueiden yhteydessä termin arvona käytetään tavallisesti kaikkien sekoittumisalueeseen liittyvien moottoritiehaarojen palvelutasojen välityskykyjen keskiarvoa.

Määritettäessä termille SV sopivaa arvoa on edellä mainittujen pituuskaltevuuksien ja kuorma-autojen osuuksien lisäksi otettava huomioon useita muita tekijöitä. Ensimmäiseksi on liittyville ja erkaneville teille yhteistä keskimääräistä SV-termin arvoa määritettäessä muistettava, että kullakin liittyvällä ja erkanevalla moottoritieellä ajokaistaa kohti laskettu palvelutason välityskyky vaihtelee samallakin palvelutasolla ajokaistojen lukumäärästä riippuen kuten luvussa 9 esitetään. Toiseksi on otettava huomioon taulukossa 7.1 esitetyt eri liikennevirran laatuluokille määritetyt SV-termin maksimiarvot. Lopuksi on otettava huomioon, että yksikaistaisille rinnakaistalle ei ole laadittu erityisiä palvelutasojen määrittämismenetelmiä. Taulukkoa 7.3 tarkastelemalla voidaan kuitenkin todeta, että tällaisessa tapauksessa voidaan ajokaistakohtaisena liikennemääränä käyttää koko tehtävässä käytettävästä palvelutasosta seuraavaksi alemman palvelutason liikennemääräarvoa. On myös mahdollista käyttää taulukossa 9.1 nelikaistaisella moottoritieellä oleville kahdelle samansuuntaiselle ajokaistalle osoitettuja arvoja jakamalla ne kahdella.

Kuten aikaisemmin esitettiin, on ajokaistojen lukumäärää laskettaessa tavallisesti esiintyvää pyöristystä tehtäessä otettava huomioon palvelutaso, sekoittumisen määrä ja desimaaliosan suuruus.

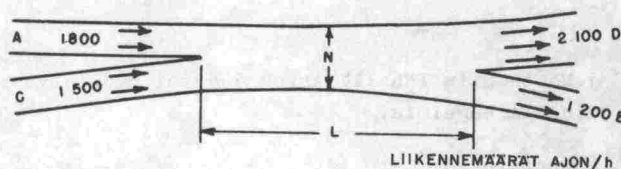
Seuraavassa esitetyissä tyyppiesimerkeissä on havainnollistettu laskentamenetelmien erilaisia käytäntöjä annetuista tiedoista ja laskettavista suureista riippuen.

Esimerkkiratkaisuja - Yksinkertainen sekoittuminen

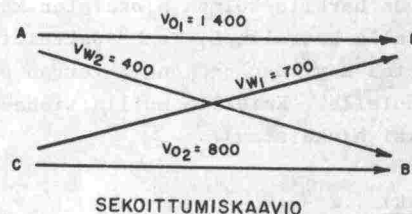
Esimerkki 7.1

Tehtävä:

Mitkä ovat kuvassa esitettyjen teiden AB ja CD muodostaman sekoittumisalueen pituuden ja leveyden minimiarvot palvelutasolla B kuvan osoittamissa liikenneolosuhteissa? Tiet välittävät maaseudulla lomaliikennettä, jossa kuorma-autojen osuus on mitätön. Ajokaistat ovat 3.6 m (12 ft) leveitä, sivuesteitä ei esiinny ja tutkittava osuus on tasainen.



RAKENNEKAAVIO



Ratkaisu:

Kuvaa 7.4 käytettäessä tarvittavat arvot:

Kuorma-autoliikenteen määrä on mitätön, joten sekoittuvia liikennemääriä ei tarvitse muuntaa henkilöautoyksiköiksi tunnissa joko kuvan tai yhtälön käyttöä varten. Tehtävässä esitetyt tulohaarojen ihanteelliset geometriset olosuhteet eivät edellytä joko sivuesteistä tai pituuskaltevuuksista johtuvia korjauskertoimia. Taulukosta 9.1 saadaan ihanneolosuhteissa palvelutason B välityskyvyksi 2000 hay/h kaksikaistaisella yksisuuntaisella tiellä. Tämä arvo kuvaa riittävän hyvin saapuvien ja erkanevien teiden olosuhteita. Vertaamalla saatua arvoa (2000 hay/h) saapuvien ja erkanevien haarojen liikennemääriin todetaan, että liikennemäärät voidaan välittää palvelutasolla B yhtä rajatapauستا lukuunottamatta. Täten voidaan keskimääräiseksi palvelutason välityskyvyksi kullakin saapuvalla ja erkanevalla tiellä ajokaistaa kohti ottaa $(2000/2)$ hay/h eli 1000 hay/h. Vertaamalla tätä lukua taulukossa 7.1 esitettyihin arvoihin todetaan, että se on hyväksyttävä leveyden määrittämis yhtälössä käytettäväksi.

Taulukon 7.3 mukaan vastaa palvelutasoa B liikennevirran laatuluokka II normaalilla moottoritieosuudella. Kuvasta 7.4 saadaan liikennevirran laatuluokkaa II vastaavaksi kertoimeksi $k = 2.6$. Tällöin kokonaisliikennemäärä $V = 1800 + 1500 =$

3300 ajon./h ja $V_{we1} + V_{we2} = 700 + 400 = 1100$ hay/h (kuorma-autojen osuus on mitätön, joten korjauskerrointa ei tarvitse käyttää).

Sekoittumisalueen pituus:

Lähtemällä kuvassa 7.4 sekoittuvan liikennemäärän kokonaisarvosta 1100 hay/h vaakasuoraan käytälle II asti ja piirtämällä siitä pystysuora vaakasuoralle akselille saadaan sekoittumisalueen tarvittavaksi pituudeksi 460 m (1500 ft).

Sekoittumisalueen leveys (ajokaistojen lukumäärä):

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV}$$

$$= \frac{3300 + (2.6-1) \times 400}{1000}$$

$$= 3.9$$

joka on niin lähellä arvoa 4 ettei pyörästys aiheuta ongelmia.

Lopputulos:

Annetuissa olosuhteissa tarvitaan 460 m pitkä sekoittumisalue, jolla on neljä ajokaistaa. (Voidaan myös harkita kolmen ajokaistan käyttämistä erkanevalla haaralla D, jonka palvelutaso kahta ajokaistaa käyttäen on jonkin verran palvelutason B alapuolella. Kaikilla muilla tiehaaroilla riittää kaksi ajokaistaa).

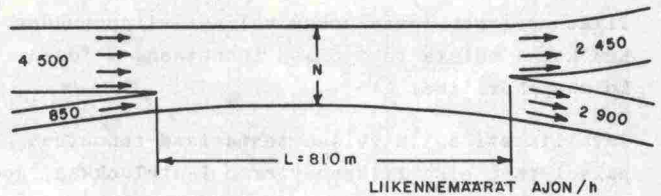
Esimerkki 7.2

Tehtävä:

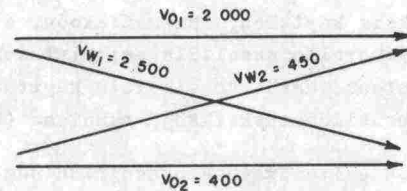
Kuvassa on esitetty suunnitellulle kaupunkiseudun moottoritielelle ennustetut huipputunnin liikennemäärät eräällä sekoittumisalueella. Kuorma-autojen osuus on 3 % liikennemäärästä. Moottoritien ajokaistat on suunniteltu 3.6 m (12 ft) leveiksi, minkä lisäksi tiellä on jatkuvat 3.0 m (10 ft) leveät pientareet. Tarkasteltava sekoittumisalue on keskellä 1.6 km (1 mi) pitkää 3 %:n nousua. Moottoritielellä halutaan palvelutaso C ja huippuuntikerroin on 0.91. Sekoittumiseen käytettävän alueen maksimipituus on 810 m (2700 ft). Mikä on kertoimen k arvo, palvelutaso ja sekoittuvan liikenteen arvioitu nopeus? Montako ajokaistaa tarvitaan? Tekeekö ehdotettu suunnitelma toivotun palvelutason mahdolliseksi?

Ratkaisu:

Sekoittuva liikennemäärä henkilöautoyksikköinä: Kolmen prosentin nousu edellyttää, että ennen kuvan 7.4 käyttämistä on sekoittuvat liikennemäärät muunnettava henkilöautoyksiköiksi tunnis-
sa (muunnos ei ole tarpeen leveysyhtälön osoittajassa). Kuorma-autoista johtuvan korjauskertoimen arvo on $(100 - P + E_T P_T)/100$ (P_T on kuorma-autojen prosenttiosuus ja E_T = vastaava henkilöautoekvivalentti, vrt. luku 5). Korjauskerroin on siis taulukossa 9.6 esitetyn kuorma-autoker-



RAKENNEKAAVIO



SEKOITTUMISKAAVIO

toimen käänteisarvo. Tässä tehtävässä sekoittumisalueen toimintaan vaikuttavat tieosuudet ovat 400 metrin (0.25 mi) osuus sekoittumisalueesta ylävirtaan (nousun ensimmäiset 400 m) sekä 800 m (0.5 mi) pitkä sekoittumisalueen osuus, eli yhteensä 1200 m tehollista pituutta. Taulukosta 9.4 saadaan 1200 m pitkälle kolmen prosentin nousulle kuorma-autojen osuuden ollessa 3 % henkilöautoekvivalentiksi 10, ja taulukon 9.6 perusteella saadaan kuorma-autoista johtuvaksi kertoimeksi $T_L = 0.79$.

Täten $V_{we1} + V_{we2} = (V_{w1} + V_{w2})/T_L = (450 + 2500)/0.79 = 3735$ hay/h.

Sekoittumisalueen leveys (ajokaistojen lukumäärä), k-kerroin ja liikennevirran laatuluokka: Sekoittumisalueelle käytettävissä oleva pituus on 810 m (2700 ft). Kun sekä sekoittuva liikennemäärä että sekoittumisalueen pituus tunnetaan, käytetään kuvaa 7.4 liikennevirran laatuluokan ja k-kertoimen määrittämiseksi. Nämä molemmat saadaan tunnetuista arvoista akselien suunnassa piirrettyjen viivojen leikkauspisteestä. Liikennevirran laatu osuu luokkien III ja IV väliin ja k-kertoimen arvo on 3.0. Vertaamalla taulukossa 9.1 palvelutasolle C esitettyjä arvoja annettuihin liikennemääriin todetaan, että saapuvilla ja erkanevilla teillä tarvittavien ajokaistojen lukumäärä on keskimäärin 3. (Useimmissa käytännön tehtävissä ajokaistojen lukumäärä olisi tiedetty etukäteen teiden erillistutkimusten tuloksena.) Täten ihanneolosuhteissa palvelutason välityskyky on $4350/3$ eli 1450 hay/h ajokaistaa kohti, kun huippuuntikerroin on 0.91. Koska geometriset olosuhteet ovat ihanteelliset, ei tarvita ajokaistojen leveydestä tai sivusteista johtuvia korjauskertoimia, mutta kuorma-autojen osuudesta johtuvaa kerrointa on kuitenkin käytettävä termiä SV määritettäessä. Täten saapuvilla ja erkanevilla teillä palvelutasojen välityskyky on $SV = MSV(T_L) = 1450(0.79) = 1145$ ajon./h. Vertaamalla saatua tulosta taulukossa 7.1 esitettyihin arvoihin todetaan sen sopivan liikennevirran laatuluokkien III ja IV väliin. Tällöin

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV}$$

$$= \frac{(2000+400+2500+450) + (3.0-1)450}{1145}$$

$$= 5.5$$

Ottamalla huomioon, että sekoittuva liikennemäärä on hallitseva, tulisi saatu tulos palvelutasolla C pyöristää ylöspäin eli 6 ajokaistaksi.

Palvelutaso ja sekoittumisalueella esiintyvä keskimääräinen nopeus:

Taulukon 7.3 perusteella saadaan liikennevirran laatuluokkien III ja IV välissä olevaa arvoa vastaavaksi palvelutasoksi D. Tekstin mukaan sekoittuvan liikenteen keskimääräinen nopeus on tällöin 56 km/h (35 mph). Täten tulokseksi saadaan korjauskerroin $k = 3.0$, ajokaistoja tarvitaan 6, palvelutasoksi D eikä C, kuten toivottiin ja keskimääräiseksi nopeudeksi 56 km/h.

Tulosten arvostelu:

Palvelutasolla C olisi saapuvien ja erkanevien teiden käyttönopeus 80 km/h (50 mph), jota sekoittumisalueella normaalisti vastaisi nopeudet 64–72 km/h (40–45 mph). Täten laskelmissa saatu nopeus 56 km/h vahvistaa sen, että tuloksena saadaan palvelutaso D eikä haluttua palvelutasoa C. Täten siis sekoittumisalue toimisi tien muita osia alhaisemmalla tasolla.

Palvelutason C saavuttaminen on epätodennäköistä annetun pituusrajoituksen puitteissa. Palvelutaso C edellyttäisi vähintään 1110 m (3700 ft) pituista sekoittumisaluetta. Suorittamalla tehtävän laskelmat uudestaan palvelutason D perusteella todetaan, että 5 ajokaistaa riittäisi, ja liikennevirran laatuluokka vastaisi annetun pituusrajoituksen takia saatavaa laatuluokkaa.

Esimerkki 7.3

Tehtävä:

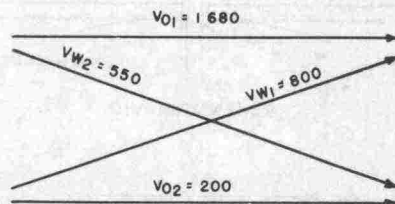
Moottoritielle on suunniteltu uusi rombinen liittymä verraten lähelle kahta moottoritietä yhdistävästä suuntaisliittymästä alavirtaan. Mikä on kuvassa esitettyjen liikennemäärien edellyttämä saapuvan ja erkanevan rampin välinen etäisyys, jotta niiden väliin jäävä moottoritieosuus ei enää olisi sekoittumisalue? Moottoritiellä halutaan säilyttää palvelutaso B. Tien ajokaistojen leveys on 3.6 m (12 ft) ja tutkittava osuus on suhteellisen tasainen. Kuorma-autojen arvioitu osuus on 5 % ja vastaava henkilöautoekvivalentti on 2. Kuinka monta ajokaistaa tarvitaan liittymien välillä?

Ratkaisu:

Taulukosta 9.6 saadaan kuorma-autojen osuuden ollessa 5 % ja $E_T = 2$ kuorma-autoista johtuvaksi korjauskertoimeksi $1/T_L = 1/0.95 = 1.05$.



RAKENNEKAAVIO



SEKOITTUMISKAAVIO

Jotta moottoritieosuus ei olisi sekoittumisalue, tulee kertoimen k olla 1.0, jolloin $V_{w1} + V_{w2} = (800 + 550) \times 1.05 = 1420$ hay/h.

Kuvan 7.4 perusteella saadaan kertoimen k arvoa 1.0 vastaavaksi sekoittumisalueen pituudeksi 1140 m (3800 ft).

Sekoittumisalueen läpi kulkeva liikennemäärä $V = 1680 + 200 + 800 + 550 = 3230$ ajon./h, jolloin ajokaistojen lukumäärä määritetään yksinkertaisesti kaavasta V/SV , koska moottoritiejakso ei ole sekoittumisalue.

Tehtävää ratkaistaessa täytyy ajokaistojen lukumäärää osoittava termi N ensin arvioida, koska termin SV arvo riippuu moottoriteillä ajokaistojen lukumäärästä. Kuvan 9.1 perusteella voidaan olettaa, että ihanneolosuhteissa palvelutasolla B tarvittaisiin 3 ajokaistaa, joiden välityskyky on 3500 hay/h. Käytetään 3 ajokaistaa laskettaessa termiä SV ajokaistaa kohti, jolloin $SV = (3500/3) \times T_L = 1166 \times 0.95 = 1110$ ajon./h ajokaistaa kohti. Tulos on taulukon 7.1 mukaan hyväksyttävä ja $N = V/SV = 3230/1100 = 2.91$, eli käytetään 3 ajokaistaa.

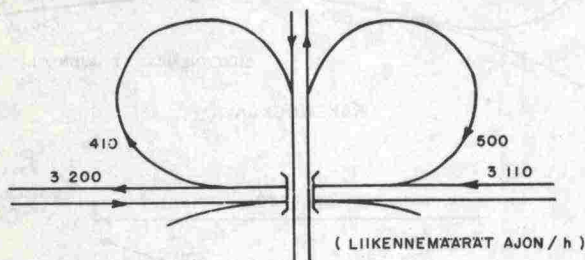
Huom. Jos oletettu ajokaistojen lukumäärä poikkeaa edellä esitetyllä tavalla lasketusta arvosta, tarkistetaan saatu tulos laskemalla termin SV arvo uudestaan laskelmassa saatua arvoa käyttäen.

Esimerkki 7.4

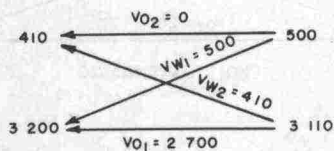
Tehtävä:

Oheisessa kuvassa on esitetty maaseudun moottoritielle suunnitellun silmukkaliittymän huipputunnin liikennemäärät. On määritettävä, olisiko rakennettava erillinen rampeihin liittyvä rinnakkaistie sekoittumisalueen pituuden ja tarvittavien ajokaistojen lukumäärän vuoksi. Moottoritiellä on palvelutaso C ja huipputuntikerroin on 0.91. Kuorma-autoja on 6 % liikennevirrasta, moottoritiellä on 3.6 m (12 ft) leveät ajokaistat ja jatkuvat 3.0 m (10 ft) leveät pientareet ja päällykennekaistoilla on n. 2 prosentin lasku.

ILMAN RINNAKKAISTIETÄ

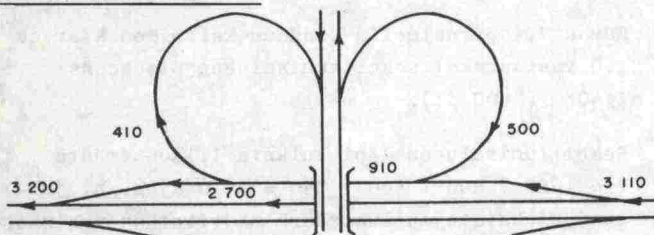


RAKENNEKAAVIO

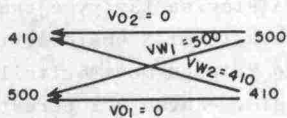


SEKOITTUMISKAAVIO

RINNAKKAISTIE RAKENNETTU



RAKENNEKAAVIO



SEKOITTUMISKAAVIO

Ratkaisu:

Kahden prosentin laskussa henkilöautoekvivalentti on yhtä suuri kuin tasaisella osuudella. Taulukosta 9.4 saadaan $E_T = 2$.

Kun kuorma-autojen osuus on 6 %, saadaan taulukosta 9.6 kuorma-autojen korjauskertoimeksi 0.94. Täten $V_{w1} + V_{w2} = (500 + 410)/0.94 = 970$ hay/h. Tiellä on palvelutaso C. Taulukon 7.3 perusteella todetaan, että moottoritiellä toivottava liikennevirran laatuluokka on II ja rinnakkaistieellä luokka III, joita vastaavat k-kertoimen arvot ovat 2.6 ja 3.0.

a) Rinnakkaistietä ei rakenneta:

Toivottava liikennevirran laatuluokka = II ja $k = 2.6$.

Kuvasta 7.4 saadaan tarvittavaksi sekoittumisalueen pituudeksi 390 m (1300 ft).

Kun moottoritiellä on palvelutaso C ja huippuuntikerroin on 0.91, saadaan taulukon 9.1 mukaan olettamalla moottoritiellä olevan kolme ajokaistaa ja rampeissa yksi ajokaista ihan teelliseksi liikennemääräksi ajokaistaa kohti kahta ajokaistaa vastaava liikennemäärä (2750/2=1375 hay/h).

$SV = 1375 \times T_L = 1375 \times 0.94 = 1290$ ajon./h ajokaistaa kohti, joka on hyväksyttävä tulos taulukon 7.1 mukaan.

$V = 2700 + 0 + 500 + 410 = 3610$ ajon./h.

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV} = \frac{3610 + (1.6 \times 410)}{1290}$$

$$= 3.3$$

Käytetään neljää ajokaistaa.

b) Erillinen rinnakkaistie on rakennettu:

Toivottava liikennevirran laatuluokka = III, jolloin $k = 3.0$ rinnakkaistieellä. Kuvan 7.4 mukaan tarvittava sekoittumisalueen pituus on 150 m (500 ft). Liikennemäärä rinnakkaistieellä on 910 ajon./h.

Rinnakkaistietä varten soveltamiskelpoiset palvelutason C välityskyvyn arvot saapuville ja erkaneville ajokaistoille voidaan etsiä taulukosta 9.1, ja käyttää likimäärin puolta kahta ajokaistaa vastaavasta arvosta, eli $2750/2 = 1375$ ajon./h.

$SV = 1375 \times 0.94 = 1290$ ajon./h rinnakkaistieellä. Tulos on taulukon 7.1 mukaan hyväksyttävä.

Rinnakkaistieellä tarvittavien ajokaistojen lukumäärä on $(V_{w1} + 3 V_{w2})/SV = (500 + 3.0 \times 410)/1290 = 1.3$.

Käytetään kahta ajokaistaa.

Moottoritiellä läpikulkevaa liikennettä varten tarvittavien ajokaistojen lukumäärä saadaan kaavasta $V/SV = 2700/1290 = 2.1$.

Käytetään kolme ajokaistaa, mikä määrä ehdottomasti tarvittaisiin moottoritiellä liittyvien ja erkanevien ramppien yhteydessä.

Vaikka tapauksessa, että rinnakkaistie rakennettaisiin, tarvittaisiin sekoittumisalueella kaikkiaan viisi ajokaistaa ja vain neljä ajokaistaa, ellei rinnakkaistietä rakennettaisi, näyttää rinnakkaistie käytännöllisemmältä ratkaisulta silmukaliittymää käytettäessä, koska 390 m:n pituinen sekoittumisalue ei ole käyttökelpoinen silmukaramppien välillä kun taas 150 m:n pituinen sekoittumisalue soveltuu hyvin silmukkaliittymissä maksimiarvona käytettäväksi.

Moninkertaiset sekoittumisalueetYleistä

Koska moninkertaiset sekoittumisalueet muodostuvat toistensa päälle ulottuvista yksinkertaisista sekoittumisalueista, jotka voidaan käsitellä erikseen, voidaan täten kuvassa 7.4 esitettyjä peruskuvaajia ja niihin liittyviä taulukoita käyttää

myös moninkertaisia sekoittumisalueita käsiteltäessä. Kuvassa 7.6 on esitetty joitakin moninkertaisten sekoittumisalueiden tyyppejä, minkä lisäksi kuvassa on vertailun vuoksi esitetty myös yksinkertainen sekoittumisalue. Kuvatut sekoittumisalueetypit muodostuvat yhdestä saapuvasta ajoradasta, jota seuraa a) kaksi erkanevaa ajorataa tai b) kolme erkanevaa ajorataa; kahdesta peräkkäisestä saapuvasta ajoradasta, joita seuraa c) yksi erkaneva ajorata tai d) kaksi erkanevaa ajorataa; tai kolmesta peräkkäisestä saapuvasta ajoradasta, joita seuraa e) yksi erkaneva ajorata. Muut yhdistelmät ovat luonnollisesti myös mahdollisia. Kaikki rampit voivat olla päätien ajoradan oikealla puolella, mutta sekä oikean- että vasemmanpuoleisia rampeja voi myös esiintyä.

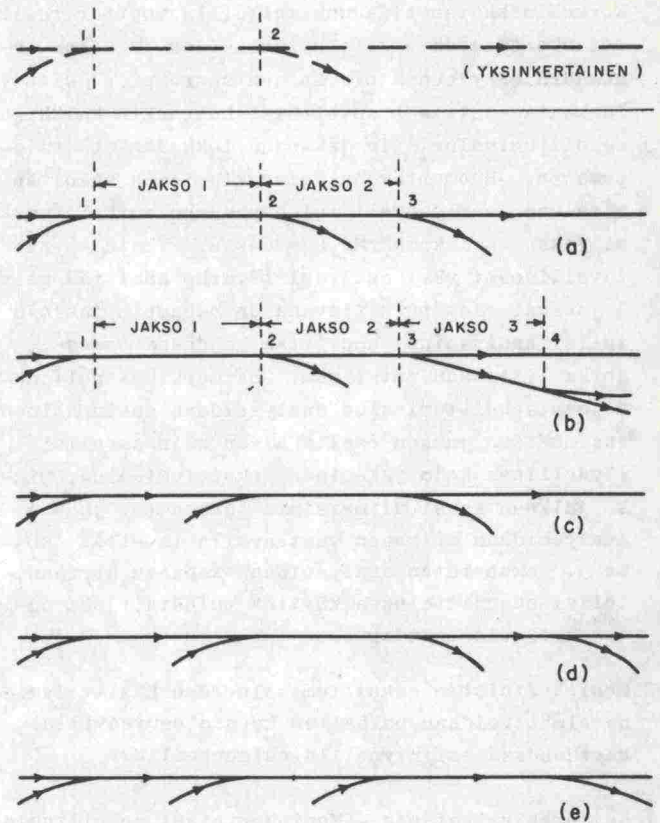
Moninkertaisella sekoittumisalueella voi olla joko kaksi, kolme tai useampia jaksoja, jolloin sekoittumisalueen jaksolla tarkoitetaan kahden peräkkäisen ramppiliittymän väliin jäävää sekoittumisalueen osaa. Kuvassa 7.6a esitetyllä sekoittumisalueella on 2 jaksoa ja kuvassa 7.6b 3 jaksoa. Kukin jakso analysoidaan erikseen ja niille määritetään vaadittava pituus ja leveys. Esimerkiksi kuvan 7.6a pidemmällä sekoittumisalueella (pisteiden 1 ja 3 välillä) sekoittumisen ajoliikkeet jaetaan kahteen osaan: jaksolla 1 sekoittuvaan ja jaksolla 2 sekoittuvaan osaan. Täten lyhyemmällä sekoittumisalueella (jakso 1) sekoittuvat pisteiden 1 ja 2 väliset välittömästi sekoittuvat liikennevirrat sekä osa pidemmällä sekoittumisalueella (pisteiden 1 ja 3 välillä) sekoittuvasta liikennevirrasta.

Sekoittumisen jakautumista moninkertaisen sekoittumisalueen eri jaksoille voidaan vain arvioida. Sekoittumisalueen geometriasta, kuorma-autojen osuudesta, viitoituksesta ja muista syistä johtuen voi tämä jakautumistapa vaihdella huomattavasti. Analysointitarkoituksia varten on katsottu voitavan olettaa, että sekoittuminen jakautuu pitkällä sekoittumisalueilla niiden eri jaksojen pituuksien suhteessa, ja sekoittuvien liikennevirtojen jakautuminen määritetään tällä perusteella.

Kuvassa 7.4 esitettyä kuvaajaa käytetään siis sekoittumisalueen jaksojen pituuden määrittämisessä samalla tavalla kuin yksinkertaisen sekoittumisalueen kyseessä olleen käyttämällä liikennemääränä kaikkien jaksolla sekoittuvien liikennevirtojen summaa henkilöautoyksikköinä. Kullakin sekoittumisalueen jaksolla tarvittavien ajokaistojen lukumäärä määritetään myös erikseen käyttäen peruskaavaa seuraavaan muotoon muunneltuna:

$$N = \frac{V + \sum (k-1) V_{w2}}{SV} \quad (7.2)$$

Summausmerkillä osoittajan toisen termin edessä otetaan huomioon joillakin jaksoilla esiintyvät



Kuva 7.6.

Esimerkkejä kerrotuista sekoittumisalueista

useat sekoittuvat liikennevirrat. Koska kullakin tällaisella sekoittuvalla liikennevirralla voi olla erilainen k-kertoimen arvo, on tällainen summalauseke tarpeellinen.

Sen lisäksi, että sekoittuvat liikennevirrat jaetaan sekoittumisalueen eri jaksoille niiden pituuden suhteessa, on moninkertaisia sekoittumisalueita käsiteltäessä otettava huomioon muita erityispiirteitä. Sekoittumista kuvaavaa diagrammia piirrettäessä on erilaiset sekoittuvat liikennevirrat (ensi- ja toissijaiset sekoittumiset) identifioitava ja eroteltava huolellisesti, jotta mitään liikennevirtaa ei lasketa kahteen kertaan. Tämä tapaus käsitellään ja esitetään havainnollisesti esimerkissä 7.5, jossa aikaisemmassa vaiheessa täysin käsitelty sekoittuva liikennevirta jätetään seuraavissa laskutoimituksissa käsittelemättä. Samaa menetelmää sovelletaan myös esimerkissä 7.6.

Sekoittumisen peruskaavan (7.2) käytössä saattaa esiintyä vaikeuksia määrittäessä ajokaistojen lukumäärää sellaisessa tapauksessa, jossa jo laskelmista pois jätetty liikennemäärä on pienempi kuin toinen toissijainen sekoittuva liikennevirta. Tällaisessa tapauksessa käytetään siihen asti huomioon ottamatonta (suurempaa) sekoittuvaa liikennemäärää yhtälössä termin V_{w2} tilalla. Tämä menetelmä on esitetty havainnollisesti esimerkissä 7.6.

Korkealuokkaisesti suunnitelluilla moottoriteillä moninkertaisten sekoittumisalueiden jaksojen lukumäärä ei yleensä ole kolmea suurempi. Esitetyt laskentamenetelmät soveltuvat kuitenkin kaikkiin sekoittumisalueisiin jaksojen lukumäärästä riippumatta. Huomattakoon kuitenkin, että sekoittumisalueen analysointi tulee yhä monimutkaisemmaksi jaksojen lukumäärän kasvaessa. Tästä syystä tavallisesti yksi analysointivaihe käsittää vain 3 jaksoa. Jos tutkittavana on useampia jaksoja tulisi analysointi suorittaa kahdessa osassa, jotka liitetään toisiinsa. Esimerkiksi nelijaksoinen sekoittumisalue analysoidaan ensin kolmen ensimmäisen jakson osalta aivan kuin se olisi täydellinen kolmijaksoinen sekoittumisalue, minä jälkeen kaksi viimeisintä jaksoa (3. ja 4.) analysoidaan erikseen vastaavalla tavalla. Koska 3. jakso täten analysoidaan kahteen kertaan, tulisi suunnittelussa käyttää tulosta, joka antaa kriittisemmät arvot.

Moninkertaisten sekoittumisalueiden käsittelymenetelmät voidaan parhaiten kuvata seuraavilla käytännössä esiintyneillä esimerkeillä.

Esimerkkiratkaisuja - Moninkertaiset sekoittumisalueet

Esimerkki 7.5

Tehtävä:

On määritettävä kuvan mukaisella moottoritiellä olevalla moninkertaisella sekoittumisalueella tarvittavien ajokaistojen lukumäärä, kun palvelutaso on C ja huipputuntikerroin moottoritiellä 0.91. On myös selvitettävä, ovatko sekoittumisalueen jaksoille käytettävissä olevat pituudet riittäviä toivotun palvelutason ylläpitämiseksi. Kuorma-autojen osuus liikennevirrasta on 8 % ja

niiden henkilöautoekvivalentti on 3. Oletetaan, että palvelutason välityskyky annetuissa olosuhteissa (palvelutaso, HTK ja kuorma-autojen osuus) on etukäteen määritetty 1200 ajon./h:ksi ajokais-taa kohti.

Ratkaisu:

Sekoittuminen liikennevirtojen CB ja AE välillä on verrannollinen pituuksiin L_1 ja L_2 .

J a k s o 1 :

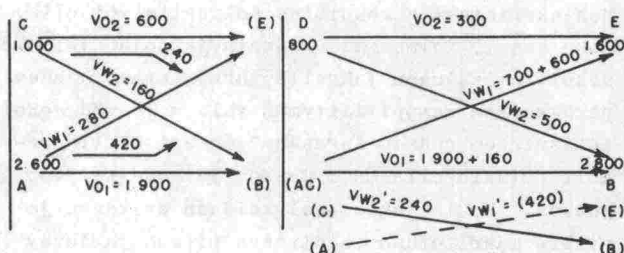
$$\text{Liikennevirta CB} = 400 \times (6/15) = 160 \text{ ajon/h}$$

$$\text{Liikennevirta AE} = 700 \times (6/15) = 280 \text{ ajon/h}$$

J a k s o 2 :

$$\text{Liikennevirta CB} = 400 - 160 = 240 \text{ ajon/h}$$

$$\text{Liikennevirta AE} = 700 - 280 = 420 \text{ ajon/h}$$



EROTeltu SEKOITTUMISKAAVIO

Huom. Jaksolla 2 sekoittuva liikennevirran AE osuus, 420 ajon./h, joka ei sekoitu jaksolla 1 ja joka on osoitettu kuvassa katkovijavalla, sisältyy sekoittuvan liikennevirran AE kokonaisarvoon 700 ajon./h, joka on kokonaisuudessaan liikennevirran DB kanssa sekoittuvan virran (AC)-E osa. Täten seuraavissa laskelmissa, joissa määritetään sekoittumisalueen pituus ja ajokaistojen lukumäärä, tämä 420 ajon./h:n liikennemäärä jätetään pois.

Palvelutasolla C on taulukon 7.3 mukaan liikennevirran laadun minimiluokka III ja toivottava luokka II.

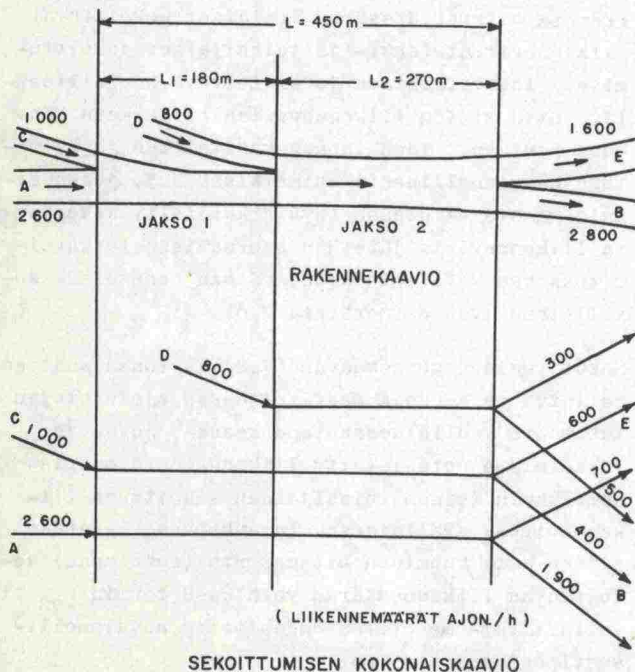
Taulukosta 9.6 saadaan henkilöautoekvivalenttia 3 ja kuorma-autojen 8 %:n osuutta vastaavaksi korjauskertoimeksi $T_L = 0.86$.

J a k s o 1

$$V_{we1} + V_{we2} = 1/T_L (V_{w1} + V_{w2}) = (1/0.86) (280 + 160) = 510 \text{ hay/h.}$$

Kuvan 7.4 mukaan liikennevirran laatuluokka III edellyttää sekoittumisalueen minimipituudeksi 60 m (200 ft) ja laatuluokalla II toivottava sekoittumisalueen pituus on 195 m (650 ft). Täten käytettävissä oleva pituus 180 m (600 ft) on sekoittumisen kannalta riittävä.

Kun sekoittumisalueen pituus on 180 m, on $k = 2.8$. Tarkistamalla taulukosta 7.1 todetaan, että annettu palvelutason välityskyky 1200 ajon./h ajokaistaa kohti on hyväksyttävä.



Ajokaistojen lukumääräksi saadaan

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV} = (3600 + 1.8 \times 160)/1200$$

$$= 3.2$$

Käytetään neljää ajokaistaa.

J a k s o 2

$$(V_{we1} + V_{we2}) + V'_{we2} = 1/T_L [(V_{w1} + V_{w2}) + V'_{w2}]$$

$$= 1/0.86 [(1300 + 500) + 240] = 2370 \text{ hay/h.}$$

Kuvan 7.4 mukaan liikennevirran laatuluokalla III tarvittava sekoittumisalueen minimipituus on 570 m (1900 ft). Tehtävässä on käytettävissä sekoittumisaluetta varten 270 m (900 ft), joka ei riitä edes alimmalla toivotulla tasolla. Tämän pituinen sekoittumisalue tekee mahdolliseksi ainoastaan laatuluokan IV, jolloin käyttönopeudet todennäköisesti ovat enintään 50 km/h (30 mph). Täten jaksolla 2 mahdollinen palvelutaso on alhaisempi kuin moottoritien muilla osilla. Sekoittumisalueen tämä jakso saattaa muodostua liikenteelliseksi pullonkaulaksi, koska liikennemäärien kasvu aiheuttaa sen, että tällä jaksolla välityskyky saavutetaan aikaisemmin kuin tien muilla osilla. Jos sekoittumisalueen pituus on 270 m, saadaan kuvan 7.4 perusteella

$$V_{we1} + V_{we2} = 1/0.86 (1300 + 500) = 2090 \text{ hay/h; } k = 3.0.$$

$$\text{Vastaavasti saadaan } V'_{we1} + V'_{we2} = 1/0.86 (420 + 240) = 765 \text{ hay/h; } k = 2.7.$$

Ajokaistojen lukumäärä on

$$N = \frac{V + \sum (k-1) V_{w2}}{SV}$$

$$= \frac{4400 + (2.0 \times 500 + 1.7 \times 240)}{1200}$$

$$= 4.8$$

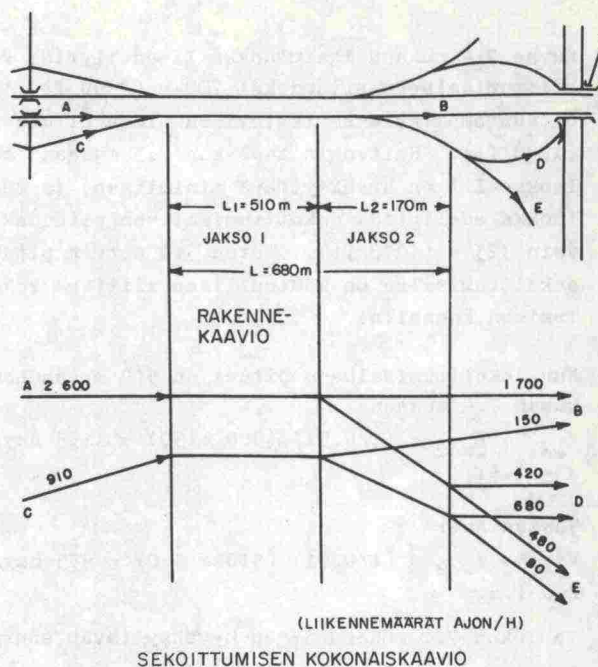
Käytetään 5 ajokaistaa.

Huom. Liittyvien ja erkanevien ajoratojen ajokaistojen lukumäärät määritellään luvussa 9 esitetyillä menetelmillä, jonka jälkeen kokonaisu suunnitelmaa voidaan arvostella toiminnan tasapainoisuuden ja joustavuuden kannalta. Täten varmistutaan siitä, että tiukan laskettuihin arvoihin pitäytymisen tuloksena ei ole ollut kohutuuttoman usein toistuvia muutoksia ajokaistojen lukumäärässä.

Esimerkki 7.6

Tehtävä:

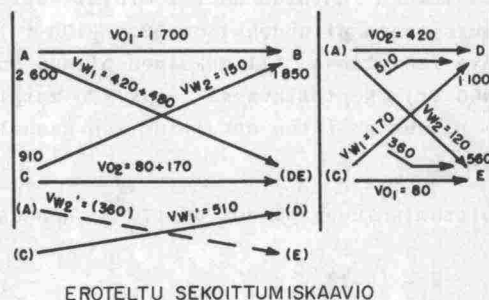
On määritettävä kuvan osoittamalle moottoritien moninkertaiselle sekoittumisalueelle kullakin jaksolla tarvittavien ajokaistojen lukumäärä sekä selvitettävä, onko kunkin sekoittumisjakson pituus riittävä moottoritieellä olevan palvelutason



C ylläpitämiseksi, kun huipputuntikerroin on 0.83. Moottoritien geometria on ihanteellinen, kuorma-autojen osuus liikennevirrasta on 5 % ja niiden henkilöautoekvivalentti on 3. Näissä olosuhteissa palvelutason välityskyvyksi on määritetty 1200 ajon./h ajokaistaa kohti.

Ratkaisu:

Sekoittuminen liikennevirtojen AE ja CD välillä on verrannollinen pituuksiin L_1 ja L_2 .



J a k s o 1 :

Liikennevirta CD = $680 \times (1700/2270) = 510$ ajon./h
Liikennevirta AE = $480 \times (1700/2270) = 360$ ajon./h

J a k s o 2 :

Liikennevirta CD = $680 - 510 = 170$ ajon./h
Liikennevirta AE = $480 - 360 = 120$ ajon./h

Huom. Vertaa esimerkkiin 7.5 katkoviivalla osoitetun liikennevirran osalta.

Palvelutasoa C vastaava liikennevirran laatuluokka on II taulukon 7.3 mukaan, ja taulukosta 9.6 saadaan kuorma-autoista johtuvaksi korjauskertoimeksi $T_L = 0.91$, kun kuorma-autojen osuus on 5 % ja henkilöautoekvivalentti 3.

J a k s o 1

$$(V_{we1} + V_{we2}) + V'_{we1} = 1/T_L ((V_{w1} + V_{w2}) + V'_{w1})$$

$$= 1/0.91 ((900 + 150) + 510) = 1715 \text{ hay/h.}$$

Kuvan 7.4 mukaan laatuluokka II edellyttää sekoittumisalueen pituudeksi 780 m (2600 ft), joka on suurempi kuin käytettävissä oleva pituus 510 m (1700 ft). Kuitenkin taulukon 7.3 mukaan laatuluokka III on hyväksyttävä minimitaso, ja tämä luokka edellyttää sekoittumisalueen pituudeksi vain 325 m (1070 ft). Täten 510 metrin pituinen sekoittumisalue on kohtuullisen riittävä sekoittumisen kannalta.

Kun sekoittumisalueen pituus on 510 m saadaan kuvan 7.4 mukaan

$$V_{we1} + V_{we2} = (1/0.91) (900 + 150) = 1155 \text{ hay/h;}$$

$$k = 2.4.$$

Vastaavasti

$$V_{we1} + V_{we2} = (1/0.91) (510 + 360) = 955 \text{ hay/h;}$$

$$k = 1.8.$$

Taulukon 7.1 mukaan SV on hyväksyttävän suuruinen.

$$N = \frac{V + \sum (k-1) V_{w2}^x}{SV}$$

$$= \frac{3510 + (1.4 \times 150 + 0.8 \times 510)^x}{1200}$$

$$= 3.4$$

Käytetään 4 ajokaistaa.

J a k s o 2

$$V_{we1} + V_{we2} = (1/T_L) (V_{w1} + V_{w2}) = (1/0.91)$$

$$(170 + 120) = 320$$

Kuvan 7.4 mukaan laatuluokan III minimivaatimus sekoittumisalueen pituudeksi on 30 m (100 ft) ja toivottava laatuluokan III mukainen pituus on 120 m (400 ft). Käytettävissä oleva 170 metrin (570 ft) pituus on täten sekoittumisen kannalta riittävä.

Kun sekoittumisalueen pituus on 170 m, saadaan $k = 1.2$

$$N = \frac{V + (k-1) V_{w2}}{SV}$$

$$= \frac{1660 + (0.2 \times 120)}{1200}$$

$$= 1.4$$

Käytetään 2 ajokaistaa.

Molemmat sekoittumisaluejaksot ovat palvelutason C edellyttämää minimipituutta pitemmät. Tämän vuoksi sekoittumisalue vastaa toiminnaltaan palvelutasoa C.

Sekoittuminen muiden kuin moottoriteiden yhteydessä

Yleistä

Tähän asti tässä luvussa on pääasiassa käsitelty sekoittumista moottoriteillä, joilla sivusteista johtuva vastus on lähes olematon. Tavallisilla teillä esiintyy kuitenkin myös usein eriasteista sekoittumista. Sekoittumisesta saattaa tällöin johtua monia haittavaikutuksia, jolloin se ei tapahdu yhtä kitkattomasti kuin moottoriteillä.

Muilla kuin moottoriteillä voidaan maaseudulla yleensä käyttää moottoriteille esitettyjä laskentamenetelmiä, mikäli liikennevirta on kohtuullisen häiriintymätöntä. Tämä pitää paikkansa sekä maanteillä, joilla liittymäväli on melko lyhyt, että riittävän suurissa kiertoliittymissä. Jos sekoittumisalue sisältää joitakin alempiluokkaisia suunnitteluelementtejä, tulisi nämä puutteet ottaa huomioon huolellisesti. Tämä voidaan tavallisesti tehdä pienentämällä ajokaistan palvelutason välityskykyä tai kokonaisvälityskykyä (SV) tarvittavien ajokaistojen lukumäärää määrittäessä.

Kaupunkialueen pääkaduilla sekoittumisalueisiin yleensä liittyy useita haittaavia tekijöitä (liikennevaloja, liiketoiminnasta johtuvia tonttiliittymiä, jalankulkijoita, pysäköityjä ajoneuvoja tai matkustajia ottamaan tai jättämään pysähtyneitä ajoneuvoja), jotka voivat huomattavastikin rajoittaa sekoittumisalueiden käyttömahdollisuuksia. Vaikka em. eri tekijöiden yksittäisiä vaikutuksia ei sellaisenaan voida määrittellä, tulisi niiden vaikutus ottaa huomioon suunnittelussa sekä analysoitaessa sekoittumisalueiden toimintaa. Ensiksi tulisi sekoittumisalueen leveyden määrittävän termin SV arvoa alentaa niin paljon, että se vastaa vallitsevia olosuhteita, kuten muitakin teitä käsiteltäessä tehdään. Toiseksi haittaavien olosuhteiden vaikutus tulisi lisäksi ottaa huomioon valittaessa kuvasta 7.4 sekoittumisalueen pituutta määrittävää käyrää, ts. toivotulla palvelutasolla tulisi sekoittumisalue suunnitella pitemmäksi kuin mitä kuvaaja osoittaa. Jos esimerkiksi liikennevirran laatuluokan odotetaan vastavan käyrää V, ja lisäksi tiedetään, että tutkittavassa kohdassa esiintyy häiriötekijöitä, tulisi sekoittumisalueen pituus määrittää käyrän IV perusteella. Vastaavasti jos toivottu liikennevirran laatuluokka on IV, tulisi sekoittumisalueen pituus määrittää käyrien IV ja III väliltä. Tällä tavoin pyritään sekoittumisalueen pituutta lisäämällä korvaamaan kuvatuista olosuhteista johtuvat haittavaikutukset. Tällaisille tapauksille ei voida antaa selviä sääntöjä, vaan tehtävien ratkaisussa täytyy käyttää muissa tehtävissä saatua kokemusta. Joissakin tapauksissa kuten esim.

^x V'_{w2} ei esiinny alueen pituuden ja leveyden laskelmissa, koska se sisältyy sekoittuvaan pääliikennevirtaan. Laskettaessa termiä N käytetään sen sijaan termiä V'_{w1} , koska se on alhaisin todellinen arvo.

silloin, kun kiertoliittymän rakenteelliset mitat ovat hyvin pieniä, tai jos sekoittumisalueella tai sen lähellä on liikennevaloja, jotka estävät vapaan sekoittumisen, saattaa kyseisen kohteen analysoiminen sekoittumisalueena olla mahdotonta.

Seuraavassa on esitetty edellisiä periaatteita valaiseva esimerkki.

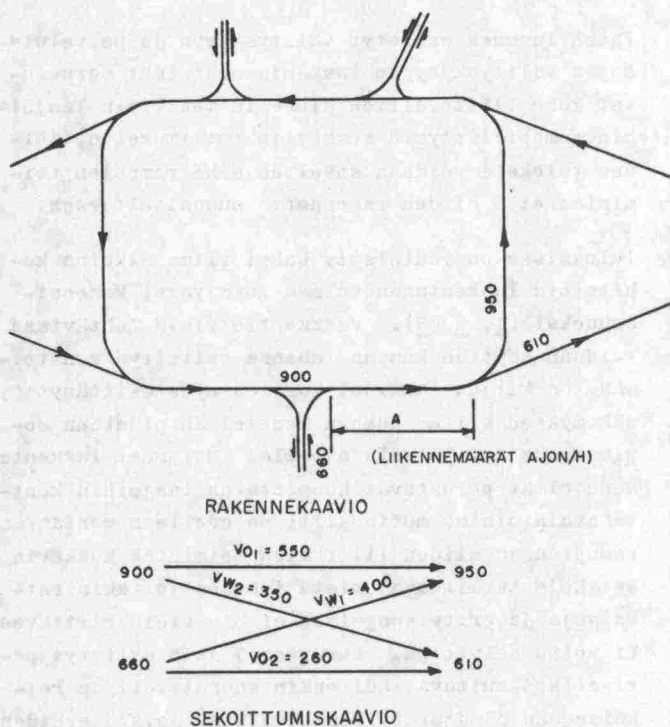
Havaintoesimerkki - sekoittuminen muualla kuin moottoriteillä

Esimerkki 7.7

Tehtävä:

Kuvan esittämä "venytetty" kiertoliittymä sijaitsee kaupunkialueella pääkatujen liittymässä. Teillä ei ole liittymärajoitusta ja pysäköinti on sallittu. Kiertoliittymän läheisyydessä on liikealue, joka aiheuttaa huomattavasti jalankulkuliikennettä ja ko. alueen tonttiliittymiä käytävää paikallista liikennettä. Kuorma-autojen osuus liikennevirrasta on n. 10 % ja niiden henkilöautoekvivalentti on 2. Näissä useiden rajoittavien tekijöiden hallitsemisessa olosuhteissa on palvelutason välityskyvyksi määritetty 900 hay/h ajokaistaa kohti määritettynä saapuvien ja erkanevien ajoratojen perusteella.

Kuvassa esitettyjen huipputunnin liikennemäärien perusteella on määritettävä A:lla merkityllä jaksolla tarvittavien ajokaistojen toivottava minimipituus ja lukumäärä.



Ratkaisu:

Jalankulkijoista, pysäköinnistä ja rajoittamattomasta tonttiliikenteestä sekä muista liikenteellistä vastusta aiheuttavista tekijöistä johtuen

alenee kyseisen esimerkin kaduilla saavutettava palvelutason välityskyky huomattavasti moottoriteillä saavutettuihin liikennemääriin verrattuna. Kuten luvussa 10 esitetään, ei näiden vastustekijöiden vaikutuksia voida määrittää sellaisenaan, joten tehtävä on jossakin määrin käsiteltävä kokemuksen ja harkinnan perusteella. Tämä tehtävä osoittaa ainoastaan laskentamenetelmien sovellutuksen sen jälkeen, kun palvelutason välityskyky on määritetty, ja tässä esimerkissä välityskyvyn arvoksi on oletettu 900 hay/h ajokaistaa kohti, joka on myös taulukon 7.1 mukaan hyväksyttävä arvo. Käytännön tehtävissä olisi koko kiertoliittymään liittyvän katuverkon ja sen eri tulohaarojen analysointi tarpeellista välityskyvyn oikean lukuarvon määrittämiseksi.

Taulukosta 10.6 saadaan kuorma-autojen korjauskertoimeksi 0.91, kun $E_T = 2$ ja kuorma-autojen osuus on 10 %.

$$V_{we1} + V_{we2} = (1/0.91) (400 + 350) = 825 \text{ hay/h.}$$

Taulukon 7.3 mukaan vastaa toivottua palvelutasoa A liikennevirran laatuluokka III ja minimipalvelutasoa D laatuluokka IV.

Käyttämällä kuvaa 7.4 saadaan

- molemmissa tapauksissa $k = 3.0$
- toivottavaa palvelutasoa A vastaava sekoittumisalueen pituus on 115 m (380 ft).
- minimipalvelutasoa D vastaava sekoittumisalueen pituus on 36 m (120 ft).

SV oli annettu 900 hay/h, joten $SV = 900 \times 0.91 = 820 \text{ ajon./h.}$

$$N = \frac{V + (k-1) V_{W2}}{SV}$$

$$= \frac{1560 + (3.0 - 1.0) 350}{820}$$

$$= 2.8$$

Käytetään 3 ajokaistaa liikkuvia ajoneuvoja varten, minkä lisäksi on varattava pysäköintikaistat. (Huom: Pysäköintikaistojen tulee olla keskimäärin 3.6 - 4.2 m (12-14 ft) leveitä, jotta niiden liikkuville ajoneuvoille aiheuttama haittavaikutus olisi mahdollisimman pieni. Tässä tehtävässä annettu palvelutason välityskyky oletettavasti sisältää pysäköityjen ajoneuvojen vaikutukset kyseisessä kohteessa.).

LÄHDELUETTELO

- NORMANN, O. K., "Operation of Weaving Areas." *HRB Bull.* 167, pp. 38-41 (1957).
- HESS, J. W., *Traffic Operation in Urban Weaving Areas*. Bureau of Public Roads (1963 data, in preparation for publication).
- LEISCH, J. E. Unpublished studies (1958-64).

LUKU 8

RAMPIT

JOHDANTO

Ramppi on tieosa, jota pitkin liikenne siirtyy tieltä toiselle. Usein ramppi määritellään eritasoliittymässä kahta tietä yhdistäväksi tieosaksi tai miksi tahansa joko kahdessa tasossa tai rinnakkain kulkevien teiden yhteydeksi, jota pitkin ajoneuvot voivat ajaa tieltä toiselle. Tässä luvussa rampilla oletetaan lisäksi olevan tietty pituus, jolloin siis esim. kapeassa välikaistassa olevaa kääntyville ajoneuvoille varattua aukkoa ei voida analysoida tässä luvussa esitetyillä menetelmillä.

Seuraavaa ramppien toimintaa ja vaikutusta käsittelevää esitystä voidaan soveltaa kaikilla monikaistaisilla teillä, joilla on ramppiliittymiä, mutta koska rampeja käytetään pääasiassa moottoriteillä, viitataan tekstissä tavallisesti tällaisiin teihin.

Moottoritien pääliikennekaistojen liikennöimisen tehokkuus saattaa suoranaisesti riippua tiehen liittyvien ramppien toimintakyvystä. Huonosti toimivat liittyvät rammit voivat alentaa moottoritielle pääsevien ajoneuvojen lukumäärää huomattavasti, jolloin seurauksena on ruuhkautumia tien pääliikennekaistoilla jos rampin alentunut välityskyky ylitetään. Huonosti toimivat erkanevat rammit voivat myös aiheuttaa ruuhkautumia moottoriteille, mikä johtuu joko suoranaisesti erkanevan rampin välityskyvyn ylittymisestä tai muista rampilla jonoja aiheuttavista olosuhteista, kuten esimerkiksi rampin liikenteen huonoista liittymismahdollisuuksista katuverkon liikenteeseen. Ramppien oikea suunnittelu ja sijoitus raskaasti kuormitetuilla teillä vaikuttaa siis huomattavasti näiden teiden liikenteen nopeuteen, tehokkuuteen ja turvallisuuteen.

Tällainen onnistunut suunnittelu riippuu suurelta osin ramppien ja ramppiliittymien välityskyvyn määrittämisestä. Vaikka ilmaisia "rampin välityskyky" käytetään yleisesti, varsinaisen rampin (siis kääntyvän ajoradan) välityskyky määrää vain harvoin välitettävän liikennemäärän suuruuden.

Useimmiten tämä liikennemäärä riippuu rampin päätepeisteissä esiintyvistä liittymis- ja erkanemisolosuhteista. Täten tässä luvussa käsitellään pääasiassa ramppiliittymien palvelutasojen välityskykyjen ja kokonaisvälityskyvyn määrittämistä eikä niinkään rampin varsinaisen ajoradan välityskykyä.

Ramppien liittymäkohtien toiminta ja moottoritien ensimmäisen ajokaistan, ts. oikeanpuoleisimman ajokaistan, toiminta rampin liittymis- tai erkanemiskohdalla liittyvät läheisesti toisiinsa. Koska moottoritien ensimmäisen kaistan liikennemäärä useimmiten säätelee rampin palvelutasojen välityskykyä ja kokonaisvälityskykyä, tarkastellaan seuraavassa myös ensimmäisen ajokaistan liikennemäärien määrittämistapoja kriittisissä kohteissa eri olosuhteissa.

Tässä luvussa esitetyt välityskyvyn ja palvelutasojen välityskykyjen laskentamenetelmät perustuvat koko liittovaltion alueella tehtyihin laajoihin ramppiliittymiä koskeviin tutkimuksiin, joiden tuloksia voidaan soveltaa sekä ramppien toimintaa että niiden rakennetta suunniteltaessa.

Tuloksissa on yhdistetty kaksi viime aikoina kehitettyä laskentamenetelmää toimivaksi kokonaisuudeksi (1, 2, 3). Vaikka tietyissä tehtävissä voidaan käyttää kumpaa tahansa esitettyä menetelmää, on kirjan laatinut komitea myös esittänyt näkemyksen siitä, kumpaa menetelmää pidetään sopivampana eri palvelutasoilla. Molemmat laskentamenetelmät perustuvat huomattavan laajoihin kenttähavaintoihin, mutta silti on edelleen monia ramppien ja niiden liittymien toimintaa koskevia seikkoja tutkittava, mistä johtuen joitakin ratkaisuja ja erityisongelmia ei ole vielä riittävästi voitu selvittää. Luvuissa 7 ja 8 esitetyt periaatteet auttavat kuitenkin suunnittelijaa ratkaisemaan nämä erityisongelmatkin, joista eräiden yleisiä käsittelymenetelmiä tässä luvussa on esitetty. Luvun lopussa on myös viitattu useisiin tällä alalla tehtyihin tutkimuksiin (4, 5, 6, 7, 8).

YLEISTÄ

Seuraavassa on esitetty joitakin tärkeimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat ramppien suunnitteluun ja liikenteen toimivuuteen rampeissa. Näihin tekijöihin tulee aina kiinnittää huomiota arvosteltaessa jo rakennetun rampin toimintaa tai suunniteltaessa uutta ramppiliittymää. On muistettava, että liikennemäärien ollessa suuria palvelutaso alenee huomattavasti, ellei näitä tekijöitä ole otettu riittävän tarkasti huomioon.

Ramppien välinen sekoittuminen

Jos liittyvää ramppia seuraa verraten lyhyen matkan päässä erkaneva ramppi, muodostuu ramppien väliin tavallisesti luvussa 7 esitettyä toispuolista sekoittumista. Tutkimukset ovat osoittaneet, että liikenteen kaistajakautuma liikenteen liittymis- ja erkanemisosuuksien kriittisissä pisteissä on välityskyvyn kannalta varsin merkittävä tekijä. Joissakin tapauksissa on myös sekoittumisen määrä merkittävä. Kun nämä seikat otetaan suunnittelussa huomioon siten, että määrättyissä liittyvien ja erkanevien ramppien läheisyydessä olevissa tarkistuspisteissä sovelletaan palvelutasojen välityskyvystä esitettyjä perusteita sekä tiettyjä sekoittumisen maksimimääriä, saadaan tulokseksi hyväksyttävä palvelutaso liittyvän ja erkanevan rampin välisellä sekoittumisalueella. Mahdollisia lisäkaistoja käytettäessä on näiden tarkistuspisteiden liikennemäärät ja sekoittumisen raja-arvot myös otettava huomioon.

Kaksi- tai useampikaistaisten pääteiden välistä sekoittumista ei esitetä tässä luvussa, vaan tällaiset kohteet tulisi käsitellä luvun 7 mukaan. Yleisesti ottaen luku 7 käsittelee pääasiassa kahden tai useamman moottoritien pääliikennesuuntien välistä sekoittumista, kun taas tässä luvussa käsitellään peräkkäisten ramppien välistä sekoittumista, joka esiintyy moottoritien yhdellä puolella.

Huippuliikennemäärät

Tiedot huippuliikennemääristä ja niiden suuntautumisesta ovat suunnittelun kannalta tärkeimpiä juuri ramppiliittymissä. Nämä tiedot ovat yhtä tärkeitä sekä suunniteltaessa uutta ramppia että analysoitaessa jo rakennetun rampin toimintaa. Tuntiliikennemäärien tunteminen ei aina riitä. Rampin huippuliikennemäärä saattaa esiintyä eri kohdassa huipputuntia kuin varsinaisella moottoritielellä.

Ratkaistaessa käytännössä esiintyviä toiminnallisia tehtäviä tässä luvussa esitetyillä menetelmillä tunnin sisäiset liikennemäärien vaihtelut ovat siis mahdollisia kriittisiä tekijöitä, missä tapauksessa tulisi käyttää tuntia lyhyemmän ajanjakson perusteella laskettuja liikennemääriä. Suunnittelussa käytetään tavallisesti kuitenkin ohje-

vuoden mitoitustunnin liikennemääräennustetta. Tässä luvussa käsitellään myös huipputuntikertoimen soveltamista ramppiliittymissä.

Geometrian vaikutus

Ramppien liittymis- ja erkanemiskohdissa käytetyt suunnitteluelementit näyttävät yleisten havaintojen perusteella olevan ilmeinen ramppiliittymän toimintaan vaikuttava tekijä. Moottoriteihin liittyvissä rampeissa tulisi välttää liian pieniä kaarresäteitä, lyhyitä näkemiä, liian lyhyitä liittymistä, erkanemista tai nopeuden muutosta varten tarkoitettuja lisäkaistoja sekä ratkaisuja, joissa ajourat eivät ilmene selvästi, koska näiden takia liittymäkohdan toiminta saattaa muodostua virheelliseksi. Uusien ramppiliittymien suunnittelussa tulee pyrkiä ajourien helpouteen ja luonnollisuuteen, minkä lisäksi näkemien tulee olla riittäviä ja rampin linjauksen sujuva. Liittymätyyppien tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisia ja toiminnaltaan keskenään mahdollisimman samankaltaisia, joskin liittymässä esiintyvän liikenteen tarpeet sekä ratkaisun taloudellisuus on suunnitelmissa otettava huomioon. Useiden tutkijoiden ja suunnittelijoiden ehdottamia erkanevia ja liittyviä rampeja koskevia standardiratkaisuja on joillakin alueilla otettu käytäntöön.

Edellisestä huolimatta joitakin vuosia sitten rakennetuilla tai hyvin ahtaalle tiealueelle sijoitetuilla teillä esiintyy useita ramppiliittymiä, jotka eivät täytä suosituksia. Tämän luvun laskentamenetelmiä kehitettäessä suoritetuista yksityiskohtaisista kenttätutkimuksista huolimatta ei edellä mainittujen puutteellisuuksien määrällisiä vaikutuksia ramppiliittymien välityskykyyn voitu yksikäsitteisesti selvittää. Useat kenttätutkimukset osoittivat yllättävästi, että vanhojen ylikuormitettujen moottoriteiden suositeltuja standardeja heikommin suunnitellut rampit ovat käytännössä välittäneet samanlaisia liikennemääriä kuin korkealuokkaisesti suunnitellut rampit liikennetarpeen ollessa riittävä. Alhaisemmin standardein suunniteltujen ramppien palvelutaso on kuitenkin huomattavasti heikompi, mikä aiheuttaa häiriöitä sekä rampin että moottoritien liikennevirrassa ramppiliittymästä joko ylä- tai alavirtaan.

Erilaisten geometrinen puutteiden negatiivisia vaikutuksia ei siis voida eritellä nykyisin käytettävissä olevien tietojen perusteella, vaan niitä voidaan käsitellä vain yleisesti. Myöhemmin tässä luvussa esitetyissä laskentamenetelmissä, joilla erilaisia palvelutasoja määritetään, on suunnitteluelementtien oletettu olevan verraten nykyaikaisia ja korkeatasoisia. Kiihdytyskaistojen puuttumisen vaikutuksia tutkitaan parhaillaan, ja näiden selvitysten tuloksena saatetaan saada vanhempien ramppien toimintaa analysoitaessa käytettävät korjauskertoimet.

Ajajien kokemus vaikuttaa myös huomattavasti liittymien toimintaan. Ramppien toiminnan on havaittu olevan heikkoa kohteissa, joissa ajajat eivät tunne olosuhteita tai ovat kokemattomia, ja tästä johtuvat vaikutukset yleensä peittävät suunnitellueroista johtuvat häiriöt. Ramppien toiminta on yleensä tehokkainta suurissa kaupungeissa, joiden alueella verraten laaja moottoritieverkko on ollut rakennettuna jo suhteellisen kauan, jolloin suuri osa ajajista on tottunut moottoriteihin verrattuna pieniin kaupunkeihin, joiden alueella moottoriteitä on rakennettu vasta viime aikoina. Vastavasti pääasiassa työmatkaliikennettä välittävät liittymät toimivat joustavammin kuin liittymät, joilla sama liikennemäärä muodostuu turisteista tai pitkämatkaisesta liikenteestä.

Rampin välityskykyyn vaikuttavat tekijät

Yleistä

Rampin välityskyky on seuraavasta kolmesta arvosta pienin:

1. rampin ja moottoritien liittymän välityskyky,
2. rampin ajoradan välityskyky,
3. rampin ja siihen liittyvän katuverkon välisen liittymän välityskyky.

Kahden moottoritien liittymässä kaikki ramppiliittymät ovat luonnollisesti ramppien ja moottoriteiden välisiä. Useimmiten käytetään yksikaistaisia liittymiä ja erkanevia rampeja, jos se käytännössä vain on mahdollista.

Useimpien katuverkkoa palvelevien ramppien liittymät katuverkon kanssa ovat itseasiassa tasoliittymiä, joiden välityskyky lasketaan tasoliittymiä koskevilla menetelmillä (vrt. luku 6). Usein joudutaan tavallinen yksikaistainen erkaneva ramppi levantämään kaksi- tai jopa kolmikaistaiseksi sen liittymässä poikittaistatuun. Tällä tavoin pyritään lisäkaistoilla saamaan rampin tulohaaran toiminta tasapainoiseksi rampin varsinaisen ajoradan kanssa sekä vältetään jonojen muodostuminen moottoritielle. Kuitenkin vain harvoin on tarpeen rakentaa ramppi kaksikaistaisena koko pituudeltaan.

Yksikaistaisen rampin liittymien välisen ajoradan välityskyky saattaa ihanneolosuhteissa olla 2000 ajon./h eli sama kuin tavallisen ajokaistan, jos yksikaistaisen osuus on lyhyt. Useimmilla rampeilla käytännössä esiintyvistä rajoittavista geometrisista ominaisuuksista (pituuskaltevuus, kaarresäteet jne.) johtuen välityskyky on kuitenkin usein huomattavasti alhaisempi. Koska rampin päätepisteiden välityskyky voi vain harvoin olla yhtä suuri kuin rampin varsinaisen ajoradan, ellei moottoritiehen ole rakennettu lisäkaistaa erkanevasta rampista ylävirtaan tai liittyvästä rampista alavirtaan, ei näin korkeita liikennemääriä yleensä saavuteta ja yksi ajokaista on rammissa yleensä riittävä.

Kaksikaistaiset rammit saattavat kuitenkin olla tarpeen kohteissa, joissa liikennemäärä on suurempi kuin yksikaistaisen rampin liittymis- tai erkanemiskohdilta toivotun palvelutason välityskyky. Jos raskaasti liikennöity ramppi on yli 300 m pitkä tai jos rammissa on jyrkkä nousu ja sitä pitkin liikennöi huomattavasti kuorma-autoja, on kaksi ajokaistaa tarpeen. Tällä tavalla ohittaminen on mahdollista, jonot voidaan välttää ja ajoneuvovirrassa syntyvät aukot täyttää, jolloin ajonopeudet rammissa kasvavat ja lisäksi ajoneuvot saapuvat rampin liittyvään päähän tasaisempana liikennevirtana. Moottoritiehen liittyvässä päässä kaksikaistainen ramppi voidaan kaventaa yksikaistaiseksi, jos sen liikennemäärä ei ole yli 1500 ajon./h tai yli 30 ajon./min. viiden minuutin huippuliikennejakson aikana. Jos liikennemäärä on tätä korkeampi, ei ramppia tulisi kaventaa, vaan tulisi rakentaa pitkä moottoritien kanssa samansuuntainen lisäkaista. Ratkaisun välityskyky on myös tarkistettava myöhemmin tässä luvussa esitettävällä tavalla.

Rampin moottoritien puoleisessa päässä vaikuttaa moottoritien ensimmäisellä ajokaistalla esiintyvä liikennemäärä selvästi liittyvien ja erkanevien ajoneuvojen toimintaan ja määrittelee tavalisesti rampin palvelutasojen välityskyvyt ja saavutettavan kokonaisvälityskyvyn.

Liittyvien ramppien liittymät

Liittyvän rampin liittymässä on rampilla ajavan ajoneuvon kuljettajan joitakin poikkeustapauksia lukuunottamatta arvioitava moottoritien liikennevirran luonne ja tehtävä valittuun aukkoon liittymisen edellyttämät nopeuden muutokset. Ensimmäistä ajokaistaa pitkin ajavat ajoneuvot saattavat jonkin verran auttaa liittyvää ajoneuvoa joko nopeuttamalla tai hidastamalla vauhtiaan aukon pidentämiseksi tai ajaa liittymisalueella lähemmäksi ensimmäisen ajokaistan vasenta reunaa tai jopa siirtyä toiselle ajokaistalle. Usein tällainen siirtyminen toiselle ajokaistalle ei tapahdu rampilla ajavan näköpiirissä, vaan jonkin verran liittyvästä rampista ylävirtaan sen vuoksi, että ajaja haluaa välttää liittymisalueelle saapuvien ajoneuvojen aiheuttamia häiriöitä.

Joissakin tapauksissa, kun raskaasti kuormitettujen liittyvien ramppien geometria on hyvä, ramppia pitkin ajavat saattavat säädellä liittymäkohdan toimintaa, jolloin päätien ensimmäisellä ajokaistalla ajavat ajoneuvot antavat niille tavanomaisesta poikkeavasti etuajo-oikeuden. Tällaisissa tapauksissa moottoritien liikennemäärä on tavallisesti alhainen, ja liittymäkohdassa esiintyy pääasiassa ramppia pitkin ajavia ajoneuvoja.

Liittyvän rampin toimintaa arvosteltaessa ovat ensimmäisen ajokaistan liikennevirrassa esiintyvät aikavälit kriittisiä tekijöitä. Lyhyehkönä

ajanjaksona kertynyt kumulatiivinen aikaväli on huomattavasti tärkeämpi kuin yksittäisten liikennevirran aukkojen pituus tai jakautuma, koska molemmissa liikennevirroissa ajavat ajoneuvot säättävät nopeuttaan siten, että yksittäinen ajoneuvo voi liittyä liikennevirtaan jos vain kokonaisaika riittää molemmille liikennevirroille. Toisin sanoen ramppien palvelutasojen välityskykyä ja kokonaisvälityskykyä määritettäessä on ensimmäisen ajokaistan liittymisalueella esiintyvän liikennemäärän arvioiminen tärkeätä kun tunnetaan moottoritien ja rampin liikennemäärät sekä viereisten ramppien liikennemäärät ja etäisyydet niihin.

Erkanevien ramppien liittymät

Erkanevien ramppien yhteydessä joudutaan ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä arvioimaan erkanemiskohdasta välittömästi ylävirtaan olevalla tieosalla, jotta rampin palvelutasojen välityskyvyt ja kokonaisvälityskyky voitaisiin määrittää. Tämä johdetaan siitä, että ensimmäisen kaistan liikennemäärä tällaisissa kohdissa vaikuttaa huomattavasti moottoritien palvelutason. Erkanevien ramppien yhteydessä esiintyvät ongelmakohdat voidaan jakaa seuraavaan kolmeen ryhmään:

1. moottoritien ensimmäisellä ajokaistalla välittömästi erkanemiskohdasta ylävirtaan mahdollisesti esiintyvän liian korkean liikennemäärän estäminen,
2. erkanevan rampin ja siihen liittyvän nopeudenmuutosalueen hyvä suunnittelu,
3. rampin katuverkon puoleisen liittymän hyvä suunnittelu ja riittävän välityskyvyn varaa-

minen. Vaikka nämä kolme ryhmää liittyvät jossakin määrin toisiinsa, kiinnitetään tässä luvussa päähuomio ensimmäiseen kohtaan eli ensimmäisen kaistan liikennemäärän määrittämiseen välittömästi erkanevasta rampista ylävirtaan. Tämä liikennemäärä vaikuttaa huomattavasti erkanevan rampin läheisyydessä esiintyviin nopeuksiin ja toiminnallisiin ominaisuuksiin. Muut kaksi suunnitteluun liittyvää tekijää vaikuttavat myös käytettävään nopeuteen ja tien toimivuuteen, mutta kaikkia näihin tekijöihin liittyviä kysymyksiä ei ole vielä selvitetty tutkimuksilla. Huomattakoon, että toiminnallisten tutkimusten suorittajat ovat havainneet rakennetuilla teillä useita geometrisia elementtejä, jotka näyttävät tulleen valituiksi ottamatta huomioon jo aikaisemmin julkaistujen tutkimusten tuloksia. Suunnittelussa on tärkein huomioon otettava seikka erkanevien ajoneuvojen hidastamista varten tarvitsema matka sen jälkeen, kun ne ovat poistuneet moottoritien ensimmäiseltä ajokaistalta. On myös tärkeätä, että ajaja itse huomaa, että tarpeellinen nopeuden alentaminen on mahdollista suorittaa vasta erkanemisen jälkeen. Täten siis erkanemiskohdasta ylävirtaan ensimmäi-

sellä ajokaistalla olevien ajoneuvojen nopeuden tulisi riippua liikennemäärästä eikä rampin geometriasta tai viitoituksesta kuten usein on asian laita.

Ramppien liittymäkohtien palvelutaso

Koska ramppien kautta kulkeva liikenne joko lisää tai vähentää moottoriteiden liikennemääriä on tässä luvussa korostetusti käsitelty menetelmiä, joilla määritetään se liikennemäärä, jolla moottoritien palvelutaso ramppien liittymis- ja erkane-

miskohdissa on hyväksyttävä. Luvun loppuosassa käsitellään pääasiassa liittyvien ja erkanevien ramppien liittymäkohtien eri palvelutasojen välityskykyä ja kokonaisvälityskykyä, näiden määritysmenetelmiä sekä vastaavia seikkoja moottoritieosuudella, joka muodostuu toisistaan lyhyen välimatkan päässä sijaitsevien liittyvän ja erkanevan rampin väliin.

Kuten aikaisemmin mainittiin palvelutasot ovat useiden eri tekijöiden vaikutusta mittaavia laadullisia suureita. Ne kuvaavat mm. ajajien tyytyväisyyttä. Tiellä suoraan ajavalle liikenteelle varatuilla jatkuvilla ajokaistoilla toiminnallista tasoa mitataan mm. eri palvelutasojen käytönnopeudella. Nopeutta käytetään myös selvitetäessä "huomattavien" sekoittumisalueiden palvelutasoja. Ramppiliittymissä tilanne on kuitenkin monimutkaisempi. Moottoritien varsinaisilla ajokaistoilla nopeus on edelleen verraten hyvä mittasuure, kun otetaan huomioon, että ajovapaus ramppien liittymäkohtien luona on jonkin verran alhaisempi kuin tien muilla osilla samalla tavalla kuin sekoittumisalueiden yhteydessä. Myös liittyvälle ja erkanevalle liikenteelle voidaan osoittaa likimääräiset palvelutasoluokat.

Rampin varsinaisella ajoradalla tilanne on jonkin verran edellisistä poikkeava, eikä sitä ole vielä täysin selvitetty. Tällä hetkellä ei ole riittävästi tietoja käytettävissä, jotta varsinaisen rampin palvelutasot voitaisiin määrittää yksityiskohtaisesti. Näyttää kuitenkin siltä, että käytettävissä olevien tietojen määrästä riippumatta yksikäsitteisiä liikennemääräarvoja ei voida määrittää, koska liittymis- ja erkanemiskohtien olosuhteet ovat rampin toiminnan kannalta huomattavasti tärkeämpiä.

Käsiteltäessä palvelutasojen välityskykyä ja liikenteenvälityskykyä erilaisilla tien varsinaisista perusjaksoista poikkeavilla tien osilla on tässä käsikirjassa aina pyritty määrittämään selkaiset olosuhteet, jotka olisivat sopusoinnussa varsinaisen pääliikennesuunnan palvelutasojen kanssa. Täten ramppien liittymäkohtien palvelutasojen ajo-olosuhteita täytyy verrata moottoritien ensimmäisellä ajokaistalla ramppiliittymien

kohdalla oleviin liikennemääriin, jotta rampin ja moottoritien olosuhteet olisivat tasapainoisia. Seuraavassa käsittelyssä ja laskentamenetelmissä otetaan huomioon koko ramppiliittymän olosuhteet eikä yksinomaan moottoritien ensimmäisen ajokaistan tai varsinaisen rampin olosuhteita. Moottoriteiden palvelutasoja tien yhtäjaksoisilla osilla on käsitelty luvussa 9.

Moottoriteiden peräkkäiset rampit voidaan suunnitella niin monella tavalla ja niin erilaisin välimatkoin sekä käyttäen lisäksi tarpeen vaatiessa lisäkaistoja, että tässä käsikirjassa ei ole mahdollista määritellä palvelutasoja kaikille eri yhdistelmille. Seuraavassa palvelutasoja esitellävissä yleisessä osassa käsitellään yksinkertaisia ramppiliittymiä, joissa yksikaistainen ramppi liittyy moottoritiehen tämän ajokaistojen lukumäärän muuttumatta. Myöhemmin tässä luvussa esitetään yleisimpiä neli-, kuusi- ja kahdeksankaisilla moottoriteillä esiintyviä ramppiyhdistelmiä koskevien palvelutasojen laskentamenetelmiä. Jos laskentamenetelmiä käytetään sellaisissa yhdistelmissä, joita kirjassa ei ole esitetty, tulisi tarkastelussa varsinaisen liittymäkohdan lisäksi ottaa huomioon liittymän koko vaikutusalue sekä ylä- että alavirtaan.

Moottoritiellä liittymis- tai erkanemiskohdassa palvelutaso A vastaa rajoittamattomia ajo-olosuhteita. Liittyvä tai erkaneva liikenne ei vaikuta havaittavasti pääliikennesuuntaan, joka yleensä jatkaa matkaansa halutulla nopeudella. Tielle saapuva liikenne liittyy joustavasti eikä liittymisen edellyttämien liikennevirran aukkojen löytäminen ole vaikeata. Ihanneolosuhteissa tällä palvelutasolla liittymisen yhteisliikennemäärä (ensimmäisen kaistan ja rampin liikennemäärä yhteensä) on alle 1000 ajon./h. Nelikaistaisilla moottoriteillä ensimmäisen ja toisen ajokaistan liikennemäärä on yhteensä alle 1400 ajon./h ja nopeus n. 96 km/h (60 mph).

Palvelutasolla B moottoritiellä liikennöivät havaitsevat pienehköjä häiriöitä liittyvien ramppien yhteydessä ja joutuvat muuttamaan nopeuttaan jonkin verran, mutta erkanevista rampeista ei aiheudu erityisiä häiriöitä. Moottoritielle saapuvan liikenteen täytyy muuttaa nopeuksiaan jonkin verran, jotta ajoneuvot osuvat moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennevirrassa esiintyviin aukkoihin. Ihanteellisissa olosuhteissa yhteisliikennemäärä (ensimmäisen kaistan ja rampin liikennemäärä yhteensä) on alle 1200 ajon./h. Nelikaistaisilla moottoriteillä ensimmäisen ja toisen ajokaistan liikennemäärä yhteensä on alle 2000 ajon./h ja nopeus on n. 88 km/h (55 mph). Erkanevat rampit eivät vaikuta ollenkaan tai vain vähäisessä määrin moottoritien liikennevirtaan, ja erkanevan yhteisliikennemäärän ylärajana on 1300 ajon./h palvelutasolla B. Poikkeuksellisia

olosuhteita saattaa esiintyä heikosti suunnitelluissa kohteissa, jolloin seurauksena todennäköisesti on onnettomuuksien lisääntyminen.

Palvelutaso C on häiriintymättömän liikennevirran raja. Tällä palvelutasolla on huipputunnin sisäiset liikennehuiput otettava huomioon huippu-tuntikerrointa käyttämällä. Tällä palvelutasolla kaikki ajajat huomaavat, että liikennöiminen tapahtuu liittymäalueella ja ovat valmiit muuttamaan nopeuttaan tarpeen vaatiessa. Maaseutuolosuhteissa ajo-olosuhteet saattavat tuntua liian häiriintyneiltä, mutta kaupunkialueilla ne ovat edelleen verraten hyväksyttäviä. Korkein liittyvä yhteisliikennemäärä (ensimmäisen ajokaistan ja rampin liikennemäärä yhteensä) ihanneolosuhteissa on 1300 - 1550 ajon./h riippuen käytetystä huipputuntikerroimesta. Vastaavan viiden minuutin huippuliikennejakson perusteella laskettu redusoitu tuntiliikennemäärä on 1700 ajon./h. Nelikaistaisilla moottoriteillä ensimmäisen ja toisen ajokaistan liikennemäärä yhteensä on huippu-tuntikerroimesta riippuen 2300 - 2750 ajon./h ja nopeus on n. 80 km/h (50 mph). Erkanevan yhteisliikennemäärän (ensimmäisellä kaistalla liikennöivien suoraan ajavien ajoneuvojen ja erkanevien ajoneuvojen liikennemäärä yhteensä) ylärajana on tällä palvelutasolla 1400 - 1650 ajon./h huippu-tuntikerroimesta riippuen, ja vastaava viiden minuutin huippuliikenteen perusteella laskettu redusoitu tuntiliikenne on 1800 ajon./h. Jos tien geometria on hyvä, voidaan tämä liikennemäärä vähentää hyvin vähäisin häiriöin.

Monissa tapauksissa edellä esitettyjen palvelutasojen A, B ja C sallima liittyvä liikennemäärä ei lisää moottoritien liikennemäärää niin paljon, että tien palvelutaso tai toiminta muuttuisi ratkaisevasti. Moottoriteiden liikennemäärien vastatesa em. palvelutasoja ovat ramppien liikennemäärät usein vastaavasti alhaisia. Tilanne ei kuitenkaan aina ole tällainen. Elleivät moottoritien liikennemäärät näissä tapauksissa ole hyvin alhaisia, on ramppien liikennemäärillä varsin selvät rajat, jotka riippuvat siitä kuinka paljon korkeamman liikennemäärän moottoritie voi välittää ylittämättä palvelutason sallimia yhteisliikennemäärän arvoja. On kuitenkin muistettava, että yhteisliikennemäärälle esitettyjä eri palvelutasoja vastaavia arvoja voidaan soveltaa vain käsiteltävien ramppien läheisyydessä eikä tarkastelukohteesta ylä- tai alavirtaan olevilla pitkäköillä moottoritiejaksoilla. Moottoritien muilla osilla palvelutaso määräytyy pelkästään liikennemäärän ja keskimääräisen käyttönopeuden perusteella, joskin lähekkäin sijaitsevat rampit saattavat aiheuttaa lähes jatkuvan häiriön. Vaikka suunnittelulla onkin pyrittävä ylläpitämään tasaista palvelutasoa moottoritien kaikilla osilla, ei tämä tavoite ehkä aina ole toteutettavissa taloudellisista syistä johtuen. Tällöin esim. voidaan päättää,

että 300 - 600 metrin matkalla ramppiliittymien kohdalla voidaan hyväksyä palvelutaso C, vaikka tien muilla osilla on palvelutaso A tai B.

Huomattakoon, että moottoritien toimiessa palvelutasoilla A, B tai C valittua palvelutasoa vastaa tietty rampin välityskyky, jotta liikennöinti olisi tasapainoista. Jos rampin liikennemäärä osoittautuu ennustetta suuremmaksi, pystyy moottoritie tavallisesti kuitenkin välittämään ajoneuvot siten, ettei ramppiin muodostu jonoja. Seurauksena on kuitenkin, että moottoritien palvelutaso alenee liittymis- ja erkanemisalueiden ja mahdollisesti jopa pääliikennesuunnan ajokais-tojen ylikuormituksesta johtuen, jos ennakoitu moottoritien kaikkien ajokaistojen yhteinen palvelutason välityskyky ylitetään.

Palvelutasoilla D, E ja F tilanne on sikäli erilainen, että näiden palvelutasojen välityskyky sinänsä on niin korkea, että jopa lyhytaikaisen liikennetarpeen kasvun esiintyessä on liittymän fyysinen välityskyky otettava huomioon.

Palvelutasolla D liikennevirran olosuhteet lähestyvät epävakaita ja ruuhkautumia saattaa alkaa ilmetä. Ajo-olosuhteiden lähestyessä tätä palvelutasoa tapahtuu moottoritien liikenteen kaistajakautumassa rampista ylävirtaan muutoksia verrattuna ylempien palvelutasojen kaistajakautumaan (kts. sivu 210). Rampeissa tällä palvelutasolla ovat huomattavasti palvelutasolle C osoitettuja liikennemääriä korkeammat liikennemäärät saavutettavissa edellyttäen, että moottoritien kokonaisliikennemäärä ei ylitä palvelutason D välityskykyä. Tästä syystä joudutaan suurehkoissa kaupungeissa usein tyytymään tähän palvelutasoon suurimman hyödyn saamiseksi olemassa olevasta moottoritieverkosta, vaikkakaan palvelutaso ei vastaa toivottavaa suunnittelutasoa. Tätä palvelutasoa tai sen lähellä olevia arvoja on myös käytetty eräissä sähköisissä liikenteen tarkkailujärjestelmissä sinä rajana, jonka jälkeen liikennetilanteen korjaustoimenpiteisiin tulee ryhtyä liikennevirran täydellisen ruuhkautumisen estämiseksi. Näissä ajo-olosuhteissa täytyy sekä moottoritiellä että rampissa liikennöijien muuttaa nopeuttaan sekä suorittaa kaistan vaihtoja liikenteen sujumiseksi, mutta moottoritien liikenteen nopeus on edelleen keskimäärin 64 km/h (40 mph). Ramppien liikennemäärän ollessa suhteellisen suuri esiintyy niillä satunnaisia jonoja. Viiden minuutin huippuliikenteen perusteella määritetty liittyvä yhteisliikennemäärä voi olla 1800 ajon./h kaupungin koosta riippuen. Tämä arvo on lyhytaikaisen liikennehuipun yläraja. Erkanevassa ramppiliittymässä voidaan välittää 1900 ajon./h:n yhteisliikennemäärät, jos liittymän geometria on verraten hyvä. Edellä mainittuja lyhytaikaisia liikennemääriä vastaavat todelliset tuntiliikennemäärät ovat 1400 - 1650 ajon./h

liittyvän rampin yhteydessä ja 1500 - 1750 ajon/h erkanevan rampin yhteydessä huipputuntikertoimesta riippuen.

Samoin kuin muuallakin, vastaa liittymis- ja erkanemisolosuhteiden välityskyky korkeinta liikennemäärää, joka riittävällä todennäköisyydellä voidaan koko tunnin aikana välittää. Suurehkoissa kaupungeissa on useissa sekä liittyvissä että erkanevissa ramppiliittymissä tuntiliikennemäärän varsin säännöllisesti todettu olevan 2000 - 2100 hay, jolloin nopeudet ovat n. 32 - 48 km/h (20-30 mph). Tällaisissa tapauksissa viiden minuutin liikennehuippua vastaava redusoitu tuntiliikenne saattaa olla jopa 2300 ajon./h. Siksi on sekä liittyvän että erkanevan ramppiliittymän välityskyvyksi määriteltä 2000 ajon./h. Tämä liikennemäärä vastaa palvelutason E ylärajaa. Tällaiset ajo-olosuhteet eivät ole toivottavia, koska ne ovat liian epävakaita ja liikenteen ruuhkautuminen on lähellä, minkä lisäksi liittyvillä rampeilla esiintyy toistuvasti jonoja. Jotta liittyvän rampin yhteydessä saavutettaisiin välityskyky, täytyy liikennemäärän siitä ylävirtaan olla palvelutason E suurinta liikennemäärää alhaisempi. Moottoritien toiminta ei siis voi olla tasapainoista, jos liittyvät liikennemäärät ovat huomattavia palvelutasolla E. Jos moottoritien liikennemäärä jo liittymisalueelle saavuttaessa vastaa välityskykyä, aiheuttavat liittyvästä rampista saapuvat ajoneuvot ehdottomasti liikenteen toiminnan keskeytymisen.

Palvelutaso F vastaa "pakotettua liikennevirtaa", joka muodostuu liittymisestä aiheutuneen katkeaman jälkeen. Lähes kaikki ensimmäisellä ajokaistalla ja liittyvällä rampilla tapahtuva liikennöiminen on "nykivää", mikä aiheuttaa häiriöitä myös muille moottoritien ajokaistoille sekä liittymisaluetta välttämään pyrkiville ajajille, jotka vaihtavat kaistaa. Liikenneolosuhteet vaihtelevat huomattavasti samoin kuin yhteisliikennemäärät, jotka saattavat olla mitä tahansa arvon 2000 ajon./h alapuolella. Erkanevissa rampeissa alhaiset nopeudet ja nykivä liikennöiminen estävät liikennetarpeen tehokkaan tyydyttämisen, mistä on todennäköisesti seurauksena huomattavia viivästyksiä.

Monissa liittymissä, missä tällaiset olosuhteet ovat esiintyneet jonkin aikaa, ajajat pyrkivät "vuorottaiseen" liikennöimiseen (yksi ajoneuvo rampista, ja sen jälkeen yksi ajoneuvo moottoritieltä jne.). Tällainen vuorotteleva liikennöiminen, joka tavallisesti muodostuu vapaaehtoisesti, on mielenkiintoinen esimerkki ajajista, jotka ovat tottuneet vaikeisiin liikennöimisolosuhteisiin ja reagoivat niihin yhdessä kohteliaasti siten, että molemmilta ajajilta jonoilta liikenne pääsisi jatkumaan. Tällaisissa ylikuormitetuilla moottoriteilla havaituissa olosuhteissa sekä ram-

pin että ensimmäisen ajokaistan välittämän liikennemäärän maksimi-arvo on suunnilleen 900 ajon./h kummallakin. Tällaisen liikennöimistävän toivotavuus riippuu kummankin tulohaaran suhteellisista liikennemääristä, Jos liikennemäärät ovat verrattain samansuuruiset, saattaa liikennöintitapa muodostua varsin tehokkaaksi. Jos toisaalta liikennemäärät ovat erisuuruisia, saavat alhaisemman liikennemäärän muodostaman liikennevirran ajoneuvot liian suuren edun suuremman liikennemäärän kustannuksella.

Tällainen vuorottainen liikennöiminen on itse asiassa alkeellinen esimerkki liikenteen säännöstelystä, joka vähitellen on tulossa yleiseksi. Tässä yksinkertaisessa tapauksessa muodostaa ajajien kohteliaisuus "säännöstelylaitteen", jonka ansiosta liikenteen kulku liittymässä on säännöllistä liikennetarpeesta riippumatta. Tyypillisissä sähköisissä säännöstelylaitteissa syötetään kahden tai useamman tulohaaran suhteellinen liikennemäärä jatkuvasti koneeseen, jossa se talloidaan ja tulkitaan. Moottoritielle saapuvat ajoneuvot "aikataulutetaan" tämän jälkeen liittymässä olevilla ohjauslaitteilla, jolloin ne liittyvät oikealla nopeudella moottoritien liikennevirtaan ensimmäisellä ajokaistalla olevien aukkojen aikana. Tällä tavalla saadaan liittymisalueen käyttö mahdollisimman tehokkaaksi, minkä lisäksi otetaan huomioon saapuvien liikennemäärien suhteellinen osuus. Tällä hetkellä ei ole vielä käytettävissä riittävästi tietoja, jotta tällaisten säännösteltyjen liittymisolosuhteiden palvelutasojen välityskyvyt ja välityskyky voitaisiin esittää.

Edellä esitetyissä eri palvelutasojen kuvauksissa on oletettu, että moottoritiellä ei ole minkäänlaisia normaalista poikkeavia levennyksiä missään liittymis- tai erkanemisalueen kohdassa. Käytännössä normaalin levyisen tien lisäksi rakennettu lisäkaista saattaa parantaa liikennöimisolosuhteita huomattavasti tapauksissa, joissa erkaneva ramppi seuraa välittömästi liittymän rampin jälkeen. Usein vain tällaisen lisäkaistan avulla voidaan moottoritiellä ylläpitää tasaista palvelutasoa. Lisäkaista muodostaa ajorataan liikennemäärän hetkellisen kasvun edellyttämän lisätilan, joten pääliikennesuunnan ajokaistojen palvelutaso ei alene näistä kasvaneista liikennemääristä huolimatta.

Olisi edullista päällystää tällaiset lisäkaistat muista ajokaistoista poikkeavalla päällysteellä, joka osoittaa selvästi niiden erikoistarkoituksen ja täten varoittaa suoraan ajavia ajoneuvoja käyttämästä niitä.

Taulukossa 8.1 on esitetty yhteenveto edellä kuvatuista palvelutasoista yksinkertaisissa liittymis- ja erkanemisolosuhteissa. Taulukko on esitetty vain informaatiomielellä eikä sitä tulisi

sellaisenaan käyttää välityskyky- tai palvelutasolaskelmissa, vaan on otettava huomioon myöhemmin tässä luvussa esitetyt menetelmät. Taulukossa esitetyt moottoriteiden liikennemääräarvot on otettu luvusta 9.

Kun taulukossa esitetyjä arvoja käytetään palvelutasoille A-C esitettyjen laskentamenetelmien kanssa liittyvien ramppien välityskykyä määritettäessä, tulee käytännössä esiintymään tapauksia, joissa rampin todellinen liikennemäärä on suurempi kuin kyseisen palvelutason suurimman yhteisliikennemäärän sallima arvo. Tällaisissa tapauksissa on eräänä mahdollisuutena lisätä kyseiseen moottoritien kohtaan yksi ajokaista. Toisena ratkaisuna voidaan rakentaa toinen liittyvä ramppi, jolla liikennekuorma jaetaan. Jälkimmäisestä ratkaisusta voi kuitenkin olla seurauksena niin lähellä toisiaan olevat rampit, että ajo-olosuhteet huononevat tämän takia. Tällaisessa tapauksessa joudutaan ottamaan huomioon muita vaihtoehtoisia ratkaisuja muistaen kuitenkin, että edellä määritellyt palvelutason arvot ovat sovellettavissa vain tarkasteltavien ramppien läheisyydessä. Satunnaisesti voidaan tällaisissa tapauksissa myöskin käyttää palvelutason D arvoja, eikä moottoritien palvelutaso ylävirtaan tai alavirtaan todennäköisesti alene merkittävästi, ellei itse pääliikennesuunnalla palvelutason välityskykyä ylitetä. Em. ratkaisuihin ajajat kuitenkin tuntevat ajomukavuuden jonkin verran alentuneen ajaessaan liittymäkohdan läpi.

Kuten aikaisemmin mainittiin, saattaa lisäkaista olla varsin hyödyllinen kohdissa, joissa liittyvä ramppi on välittömästi ennen erkanevaa ramppia erityisesti silloin, kun ramppien välimatka on lyhyt. Liittyvän ja erkanevan rampin välisen tieosan liikennemäärä on aina korkeampi kuin tähän liittyvillä tieosilla, ja tällöin lisäkaistaa käyttämällä voidaan taloudellisesti välttää tämän tieosan mahdollisesti aiheuttama pullonkaula. Lisäkaista poistaa moottoritieltä huomattavasti erkanevaa liikennettä ja välittää edelleen melkoisen osan liittyvästä liikenteestä, jolloin itse moottoritien aiottu palvelutaso liittymäalueella säilyy. Näissä olosuhteissa lisäleveys tekee myös sekoittumisen joustavammaksi.

RAMPPILIITTYMIEN LASKENTAMENETELMÄT

Ramppiliittymien sallittujen liikennemäärien laskentamenetelmät perustuvat olettamukselle, että jos liikennemäärä ei ole palvelutason välityskykyä suurempi tietyissä kriittisissä pisteissä, ovat ajo-olosuhteet hyvät sekä moottoritiellä että rampissa eikä yksityiskohtaisempia tarkasteluja tarvita. Esimerkkejä kriittisistä pisteistä tyypillisessä liittymässä on esitetty kuvassa 8.1. Tällaisissa kriittisissä pisteissä on tarkistettava koko moottoriteliikennemäärän sekä sekoittu-

Taulukko 8.1 RAMPPIEN KÄRKIEN LUONA ESIINTYVÄT PALVELUTASOT^a JA LIIKENTEENVÄLITYSKYKY (AJON./H YHTEEN SUUNTAAN, KUN MAASTO ON TASAISTA JA KUORMA-AUTOJEN OSUUS ALLE 5 %)

PALVELU- TASO	MOOTTORITIEN LIIKENNEMÄÄRÄ YHTEEN SUUNTAAN ^b (ajon./h)												TARKISTUSPISTEEN LIIKENNEMÄÄRÄ (ajon./h)								SEKOITTUVA LIIKENNE- MÄÄRÄ ^e (ajon./h)			
	NELIKAISTAISET				KUUSIKAISTAISET				KAHDEKSANKAISTAISET				LIITTYVÄ YHTEIS- LIIKENNEMÄÄRÄ ^c				ERKANEVA YHTEIS- LIIKENNEMÄÄRÄ ^d							
A	1400				2400				3400				1000				1100				800			
B	2000				3500				5000				1200				1300				1000			
HUIPPUTUNTI- KERROIN ^f	0.77 0.83 0.91 1.00 ^g				0.77 0.83 0.91 1.00 ^g				0.77 0.83 0.91 1.00 ^g				0.77 0.83 0.91 1.00 ^g				0.77 0.83 0.91 1.00 ^g				0.77 0.83 0.91 1.00 ^g			
C	2300	2500	2750	3000	3700	4000	4350	4800	5100	5500	6000	6600	1300	1400	1550	1700	1400	1500	1650	1800	1100	1200	1350	1450
D	2800	3000	3300	3600	4150	4500	4900	5400	5600	6000	6600	7200	1400	1500	1650	1800	1500	1600	1750	1900	1400	1500	1650	1800
E ^h	≥4000				≈6000				≈8000				≈2000				≈2000				≈2000			
F	← Vaihtelee huomattavasti →																							

^aKunkin palvelutason välityskyvyn yläraja.

^bKäytetään tarkistettaessa moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärän palvelutason välityskykyä rampin ja moottoritien liittymiskohdissa.

^cVastaa tulevaa yhteisliikennemäärää, eli ensimmäisen ajokaistan lasketun liikennemäärän ja rampin liikennemäärän summaa.

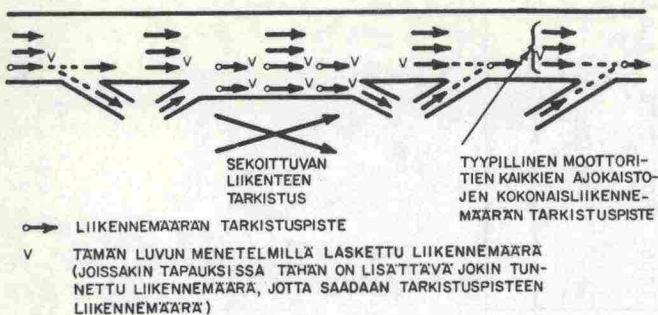
^dVastaa ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää erkanevasta rampista ylävirtaan ja sisältää sekä suoraan ajavat että erkanevat ajoneuvot.

^eKoskee liittymis- ja erkanemisrampin välisen tieosan 150 metrin jaksolla tapahtuvaa sekoittumista.

^fMoottoriteillä huipputunnin koko liikennemäärän ja vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin jakson perusteella lasketun redusoidun tuntiliikenteen suhde.

^gHuipputuntikertoimen arvo 1.00 saavutetaan vain harvoin, ja osoitettuja arvoja tulisi pitää korkeimpina mahdollisina 5 minuutin jakson perusteella laskettuina redusoituina tuntiliikennemäärinä.

^hVälityskyky.



Kuva 8.1
Ramppiliittymien liikennemäärän määrittämisen kriittiset pisteet.

van liikennemäärän arvot, minkä lisäksi eräissä pisteissä on määritettävä tiettyjen ajokaistojen liikennemäärät. Näiden tarkastelupisteiden sijaintia käsitellään myöhemmin tässä luvussa laskentamenetelmien yhteydessä.

Jos todellinen liikennemäärä on jonkin verran toivotun palvelutason välityskykyä suurempi, mutta kokonaisvälityskykyä alhaisempi, ramppi toimii edelleen joskin alhaisemmalla palvelutasolla. Suurilla liikennemäärillä saattaa ilmestyä merkkejä "pullonkauloiksi" kehittyvistä kohdista. Jos liikennetarvetta vastaava liikennemäärä on kriittisen kohdan välityskykyä korkeampi, on jonojen muodostumista ja nopeuksien alentumista odotettavissa joko rampissa tai moottoritillä tai molemmilla.

Ramppiliittymien palvelutasojen välityskyvyn määrittäminen tapahtuu kahdella perusmenetelmällä tarkasteltavasta palvelutasosta riippuen. Normaalisti suunnittelussa tai yleensä häiriytymättömän liikennevirran olosuhteisiin pyrittäessä käytetään vähintään palvelutasoa C, jolloin on myös käytettävä seuraavassa ensiksi esitettyjä laskentamenetelmiä. Palvelutasoilla D ja E, esimerkiksi tarkasteltaessa olemassaolevia olosuhteita (mm. määritettäessä pullonkaulojen sijaintia ja syitä) tai jos suunnitelmissa halutaan varmistua siitä, että ramppiliittymät eivät aiheuta jonoja moottoritillä, tulisi käyttää seuraavassa toiseksi esitettyjä laskentamenetelmiä. Useimmissa tavallisissa tehtävissä voidaan liikennemäärät käsitellä sekaliikennemäärinä näitä menetelmiä käytettäessä.

Palvelutasoja A-C käsiteltäessä käytetään yhtälöitä (tai näihin yhtälöihin perustuvia nomogrammeja). Kaikkien yhtälöiden yhteisenä piirteenä on, että ne ottavat huomioon a) tarkasteltavan rampin liikennemäärän, b) moottoritien liikennemäärän rampista ylävirtaan ja c) sekä ylä- että alavirtaan sijaitsevien muiden ramppien liikennemäärät ja etäisyydet näihin rampeihin. Kaikkia näitä tekijöitä ei kuitenkaan käytetä jokaisessa yhtälössä tai nomogrammissa. Liittymän rampin yhteydessä määritetään näiden tekijöiden avulla odotettavissa oleva yhteisliikennemäärä, eli moottoritien ensimmäisen ajokaistan

laskettu liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla lisättynä rampin liikennemäärällä. Yksinkertaista erkanevaa ramppia tarkasteltaessa käytetään samoja muuttujia, joilla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä välittömästi erkanevasta rampista ylävirtaan. Tällä tavoin laskettu liikennemäärä sisältää ensimmäisellä ajokaistalla erkanevan rampin ohi jatkavat ajoneuvot sekä ramppia pitkin erkanevat ajoneuvot.

Vaikka esitetyt yhtälöt ja nomogrammit kattavat varsin suuren osan erilaisista geometrisistä olosuhteista, ei kaikkia mahdollisia liittymien ratkaisutapoja ole voitu ottaa huomioon riittämättömistä tutkimustuloksista johtuen. Useita poissuljettuja tapauksia käsitellään tekstissä, minkä lisäksi esitetään niiden ratkaisumenetelmiksi sopivia laskentatapoja.

Palvelutasoja D ja E käsiteltäessä käytetään käyrästöjä, joilla määritetään liikenteen kaistajakautuma liittymis- ja erkanemisalueen eri kohdissa. Tällä tavalla saadaan ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä, jota voidaan verrata palvelutason D arvoihin ja välityskykyyn. Tätä menetelmää voidaan käyttää tarkasteltaessa sekä erillistä yksikaistaista ramppia että useiden yksikaistaisten ramppien yhdistelmää riippumatta siitä onko lisäkaistoja rakennettu.

Molemmissa laskentamenetelmissä liikennemäärät on käsitelty sekaliikennemäärinä olettaen, että kuorma-autojen osuus on alle 5 %, maasto on suhteellisen tasaista eivätkä pituuskaltevuudet ole yli 3 %. Nämä arvot vastaavat keskimääräisiä olosuhteita, joista menetelmien perustana olevia tietoja oli käytettävissä. Jos kuorma-autojen osuudet ovat huomattavasti suurempia tai pituuskaltevuudet jyrkempiä, tulee laskenta edelleen suorittaa esitetyillä yhtälöillä ja nomogrammeilla samalla tavalla. Tämän jälkeen lopputulosta korjataan kuorma-autojen osuuden ja pituuskaltevuuksien arvoja vastaavasti, kuten myöhemmin tämän luvun kohdassa "Muut laskennalliset menetelmät" esitetään.

Palvelutasojen A-C välityskykyjen laskentamenetelmät

Yleistä

Sekä olemassaolevan liittymän toimintaa tutkittaessa että suunniteltua liittymää tarkasteltaessa ovat lähtöarvoina tavallisesti kunkin liikennöintisuunnan liikennemäärä. Tehtävänä on selvittää, toimiiko liittymä tyydyttävästi edellytetyllä palvelutasolla.

Useimmissa tapauksissa liittymä katsotaan tyydyttäväksi, jos se toimii vähintään palvelutasolla C, joka edustaa verraten häiriintymätöntä liikennevirtaa.

Jos liikennetarve ei ylitä palvelutason C välityskykyä, on oletettavissa että liittyminen tai erkaneminen tapahtuu joustavasti eikä liittyvän rampin päässä esiinny merkittäviä jonoja. Rampista tuleva liikennemäärä ei myöskään yleensä alenna moottoritien pääliikennekaistojen nopeutta merkittävästi eivätkä erkanevat ajoneuvot vaikuta huomattavasti suoraan ajavaan liikenteeseen. Tämä ei tarkoita sitä, etteikö jonoja tai nopeuden alenemista joskus esiintyisi, koska aina on olemassa mahdollisuus, että liittyvää ramppia pitkin saapuu ajoneuvojono samanaikaisesti, kun moottoritielle on muodostunut jono. On käytännöllisesti katsoen varmaa, että näin tapahtuu satunnaisesti kaikilla rampeilla ja millä tahansa palvelutasolla, joskin alhaisilla liikennemäärillä se tapahtuu verraten harvoin. Tällainen mahdollisuus ramppien toiminnassa tulee ottaa huomioon, eikä sitä tulisi tulkita moottoritien epätydyttäväksi toiminnaksi. Tätä mahdollisuutta ei voida poistaa esim. määritelmällä palvelutasojen välityskyvyt alhaisemmiksi. Toimivuus on häiriytynyt vasta silloin, kun jono ei hajoa nopeasti vaan esiintyy useiden minuuttien ajan.

Tässä tekstiosassa käsitellään laskentamenetelmiä, joilla voidaan määrittää ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä sekä se liittyvän yhteisliikennemäärä, jonka palvelutaso C tai sitä parempi palvelutaso voi välittää. Menetelmät sopivat yhtä hyvin palvelutasoille A, B ja C. Jos alustavat tutkimukset osoittavat, että liittyvä toimii lähellä välityskykyään eikä paikallisista olosuhteista johtuen muuta vaihtoehtoja ratkaisua voida käyttää, tulee ajo-olosuhteita tarkastella käyttämällä myöhemmin tässä luvussa esitettyjä palvelutasoille D ja E tarkoitettuja menetelmiä.

Laskentamenetelmä perustuu monimuuttujaregressioanalyysillä muodostettuihin kaavoihin, joilla pyritään arvioimaan moottoritien ensimmäisen ajokaistan todennäköiset liikennemäärät määritetyissä tarkistuspisteissä (1, 2). Laskelmien helpottamiseksi on nämä kaavat esitetty myös nomogrammeina.

Laskentavaiheet ovat seuraavat:

1. Määritetään tutkittavan kohteen geometriset ominaisuudet, mm. moottoritien ajokaistojen lukumäärä ja sekä ylä- että alavirtaan seuraavaksi sijaitsevien ramppien sijainti ja tyyppi. Uutta liittymää suunniteltaessa voidaan tässä vaiheessa joutua laatimaan useita alustavia suunnitelmia. (Tarpeen vaatiessa lasketaan moottoritien ajokaistojen lukumäärä luvussa 9 esitetyillä menetelmillä.)
2. Määritetään kaikkien liikennöintisuuntien liikennemäärät.
3. Valitaan geometrysten ominaisuuksien perusteella asianmukainen yhtälö (tai nomogrammi) ja lasketaan ensimmäisen ajokaistan asianmukaisista tarkistuspisteissä esiintyvä liikennemäärä (tai jokin muu muuttuja eräissä tapauksissa).

4. Tutkitaan edellisten vaiheiden perusteella saatu tulos seuraavin menetelmin (kuorma-autojen osuudesta ja pituuskaltevuuksista mahdollisesti johtuva korjaus tehdään viimeisenä vaiheena tämän luvun kohdassa "Muut laskennalliset menetelmät" esitetyin menetelmin):

- a) Liittymiskohta - Liittyvän rampin liikennemäärä lisätään ensimmäisen ajokaistan laskettuun liikennemäärään rampin kärjen kohdalla, jolloin saadaan odotettavissa oleva yhteisliikennemäärä, jota verrataan taulukossa 8.1 osoitettuun ko. tarkistuspisteen suurimpaan sallittuun palvelutason välityskykyyn.
- b) Erkanemiskohta - Erkanevan rampin kärjestä välittömästi ylävirtaan esiintyvää laskettua ensimmäisen kaistan liikennemäärää, joka sisältää sekä tätä ajokaistaa pitkin suoraan ajavat ajoneuvot että erkanevat ajoneuvot, verrataan taulukossa 8.1 esitettyihin erkanemispisteen palvelutasojen välityskykyihin. Tavallisimmin erkanevan rampin liikennemäärä tunnetaan, jolloin ensimmäisen ajokaistan lasketun liikennemäärän ja tunnetun erkanevan liikennemäärän erotus on suoraan ajavien ajoneuvojen lukumäärä. Saattaa kuitenkin esiintyä tapauksia, joissa halutaan tietää, kuinka moni ajoneuvo voi käyttää erkanevaa ramppia tietyllä moottoritien liikennemäärällä, kun määrättyä ensimmäisen ajokaistan yhteisliikennemäärää ei saa ylittää. Tällaisessa tehtävässä yleensä laskelmilla määritettävä muuttuja (ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä) on siis annettu, jolloin suurin sallittu rampin liikennemäärä valitulla palvelutasolla voidaan suoraan laskea.
- c) Liittymä, jossa on lisäkaista - Kun liittyvän ja erkanevan rampin väliin on rakennettu lisäkaista, määritetään ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät tietyissä ramppien välillä olevissa pisteissä. Näitä liikennemääriä verrataan vastaavien pisteiden palvelutasojen liittyvän tai erkanevan liikenteen välityskykyyn. Menetelmiä käsitellään yksityiskohtaisemmin kohdassa "Lisäkaistan käyttö".
- d) Lähekkäin sijaitsevien ramppien välinen sekoittuminen - Sekoittumisen palvelutasot ja niiden välityskyvyt on esitetty taulukossa 8.1. Ramppien liikennemäärät lasketaan yhteen ja tulosta verrataan taulukossa esitettyihin arvoihin. Tarpeen vaatiessa voidaan laskemat suorittaa sekoittumisalueen jokaiselle 150 metrin pituiselle jaksolle.
- e) Kaksikaistaiset rampit ja huomattavat haarautumat - Liittyviä ja erkanevia liikennemääriä verrataan asianmukaisiin taulukossa 8.1 osoitettuihin palvelutasojen välityskykyihin.
- f) Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä - Moottoritien kokonaisliiken-

nemääriä, lisäkaistojen liikennemääriä lukuunottamatta, verrataan taulukossa 8.1 esitettyjen moottoritien palvelutasojen välityskykyjen kanssa. Vertailussa ei mitään lisäkaistaa lasketa moottoritien ajokaistaksi.

5. Kohdassa 4 esitettyjen laskelmien tuloksia tarkastellaan ja arvostellaan seuraavalla tavalla:

Valitun palvelutason välityskykyä ei tulisi ylittää missään kohdassa, jos suunnitelma halutaan tasapainoiseksi. Jos välityskykyä ei ylitetä, voidaan suunnitelman katsoa tyydyttävän valitun palvelutason asettamat toiminnalliset vaatimukset.

Jos välityskyky sen sijaan ylitetään yhdessä tai useammassa pisteessä, toimitaan seuraavasti:

- Uutta tieosaa suunniteltaessa laaditaan suunnitelma uudestaan mikäli mahdollista, tai hyväksytään alhaisempi palvelutaso. Jälkimmäistä mahdollisuutta harkittaessa on muistettava, että vaikka liittymien toiminta halluttua alhaisemmalla palvelutasolla saattaa satunnaisesti olla hyväksyttävissä, niin mitä useammin näin tapahtuu, sitä alhaisemmaksi tien yleinen palvelutaso tulee.
- Olemassa olevaa tietä tutkittaessa harkitaan uudelleen rakentamisen mahdollisuutta tai hyväksytään huonontunut palvelutaso. Tärkeissä kohteissa tulisi harkita erityisten liikenteen säännöstelymenetelmien käyttämistä, jolla keinoin liittymän toiminta saadaan mahdollisimman tehokkaaksi.

Jos suunnitelma joudutaan uusimaan tai olemassa olevaa rakennetta muuttamaan, pyritään tarkistuspisteiden liikennemääriä tavallisesti alentamaan valitun palvelutason mukaisiksi. Menettelytapojen esimerkkeinä voidaan mainita:

- Lisäkaistan rakentaminen
- Ramppien tai liittymien välimatkan lisääminen.
- Raskaasti liikennöidyn rampin jakaminen kahdeksi eri rampiksi.
- Rinnakkaistien käyttäminen, jolloin sekoitettu liikenne voidaan erottaa pääliikennevirrasta.
- Ramppien järjestyksen muuttaminen (voidaan mahdollisesti välttää ristikkäisiä rampeja).
- Moottoritien kaistalukumäärän lisääminen.

Käytetyt muuttujat

Myöhemmin esitettävissä yhtälöissä esiintyy useita kertoimia ja muuttujia, joskaan yhdessäkään yhtälössä ei käytetä niitä kaikkia. Käytetyt muuttujat määritellään seuraavassa:

1. Ajokaistojen nimet

Ensimmäinen ajokaista - tarkoittaa samaa ajokaistaa kuin muuallakin kirjassa, ts. moottoritien oikeanpuoleisinta ajokaistaa.

Rampin ajokaista A - kaksikaistaisen rampin moottoritien puolella oleva ajokaista. Haarautumissa

tällä termillä tarkoitetaan liittyvän tai erkanevan ajoradan kaistaa, joka on lähempänä toista ajorataa. Rampin ajokaista B - kaksikaistaisen rampin ajokaista, joka on kauempana moottoritiestä. Haarautumissa tällä termillä tarkoitetaan liittyvän tai erkanevan ajoradan kaistaa, joka on kauempana toisesta ajoradasta.

2. Selitettävät muuttujat

Neli-, kuusi- tai kahdeksankaistaisia moottoriteitä käsiteltäessä esiintyy yhtälöissä kolme erilaisista määritettävää muuttujaa, jotka kaikki osoittavat liikennemääriä. Nämä osoittavat liikennemäärän ajoneuvoina tunnissa eli sekaliikennemääränä, jossa kuorma-autojen osuus voi olla enintään 5 %. Oikein tulkittuina näitä liikennemääriä voidaan myös pitää lyhytaikaisten laskentojen tuloksista saatuna redusoituina tuntiliikennemäärinä. Yhtälöiden yhteydessä on esitetty myös niiden tavanomainen keskivirhe.

Muuttujat ovat seuraavat:

- $V_1 = 1$) Liittyvää ramppia koskevassa yhtälössä ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä rampin kärjen kohdalla ennenkuin liittyminen tapahtuu.
- 2) Erkanevan rampin yhtälössä ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä rampin kärjestä ylävirtaan välittömästi ennenkuin erkaneminen tapahtuu.
- 3) Kaksikaistaisen erkanevan rampin tai huomattavan haarautuman yhtälössä ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä erkanemiskärjestä välittömästi alavirtaan.
- $V_{1+A} = 1$) Kaksikaistaisen liittyvän rampin yhtälössä ensimmäisen ajokaistan ja rampin ajokaistan A (ts. rampin vasemmanpuoleisen eli) moottoritietä lähimpänä olevan ajokaistan alkuperäinen liittyvä yhteisliikennemäärä ajoneuvoina.
- 2) Kaksikaistaisen erkanevan rampin tapauksessa ensimmäisen ajokaistan yhteisliikennemäärä ennen erkanemista, jolloin liikennemäärä jakautuu moottoritien ensimmäiselle ajokaistalle ja rampin ajokaistalle A.
- V_C = Kuusikaistaisen moottoritien haarautumassa keskimmaisen ajokaistan liikennemäärä ennenkuin se jakautuu haarautuman toisen haaran ensimmäiselle ajokaistalle ja toisen ajokaistalle A.

3. Riippumattomat muuttujat

Eri yhtälöissä käytetään seuraavassa esitettäviä seitsemää riippumatonta muuttujaa. Näidenkin muuttujien dimensio on ajon./h, ja ne ovat sekaliikennemääriä, joissa kuorma-autojen osuus saa olla enintään 5 %.

V_f = Liittyvän rampin yhtälössä moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä yhteen suuntaan välittömästi rampin kärjestä ylävirtaan ennenkuin liittyminen tapahtuu.

V_t = Erkanevan rampin yhtälössä moottoritien kokonaisliikennemäärä, joka sisältää erkanevat ajoneuvot, ylävirtaan rampin kärkeä.

V_r = 1) Liittyvän rampin yhtälössä ramppia pitkin saapuva liikennemäärä, joka liittyy moottoritien liikennevirtaan,
2) Erkanevan rampin yhtälössä ramppia pitkin erkaneva liikennemäärä,
3) Haarautumassa oikeanpuoleista ajorataa käyttävä liikennemäärä.

D_u = Kuvassa 7.5 esitetyllä tavalla mitattu etäisyys metreissä tarkasteltavasta rampista seuraavaan ylävirran suuntaan sijaitsevaan liittyvään tai erkanemaan ramppiin.

V_u = Seuraavan ylävirtaan sijaitsevan liittyvän tai erkanevan rampin liikennemäärä.

D_d = Kuvassa 7.5 esitetyllä tavalla mitattu etäisyys metreissä tutkittavasta rampista seuraavaan alavirtaan sijaitsevaan liittyvään tai erkanemaan ramppiin. Jos ramppien väliin on rakennettu lisäkaista, vastaa tämä etäisyys lisäkaistan pituutta.

V_d = Seuraavan alavirtaan sijaitsevan liittyvän tai erkanevan rampin liikennemäärä.

Palvelutasoja A-C koskevat yhtälöt ja nomogrammit

Kuvissa 8.2 ... 8.19 on esitetty 18 yhtälöä ja 18 niitä vastaavaa nomogrammia, joilla määritetään neli-, kuusi- ja kahdeksankaistaisten moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärät pääasiassa palvelutasoilla A-C. Kuvat koskevat sellaisia geometrialtaan erilaisia ramppiiliittymiä joista oli käytettävissä riittävät tiedot. Kussakin geometrisessa liittymäratkaisussa on näissä yhtälöissä otettu tarpeelliseksi todetussa määrin huomioon lähimpien ylä- tai alavirtaan sijaitsevien ramppien liikennemäärät, näihin rampeihin mitatut etäisyydet sekä moottoritien ja rampin liikennemäärät tarkasteltavassa liittymäkohdassa. Joissakin tapauksissa on myös käsitelty erityisolosuhteita ja huomioon otettavia rajoituksia. Yhtälöiden määrittämisessä käytettyjä monimuuttujaisia regressioanalyysijä koskevat yksityiskohdalliset tilastolliset tiedot on esitetty liitteessä C.

Jos laskentamenetelmät osoittavat tarkastellun ratkaisun epätydyttäväksi, on tutkittava muita mahdollisuuksia pääasiassa kokeilemalla. Suoranaisia ohjeita menettelytavoista ei ole esitetty, vaan suunnitelmaan tulee pyrkiä soveltamaan muita ratkaisuja, jotka on testattava. Eräitä moottoritien normaaleihin toimintaominaisuuksiin liittyviä suuntaviivoja voidaan tulosten tarkastelussa kuitenkin käyttää. Tiedetään esimerkiksi, että kun laskelmat ovat osoittaneet liittymisen tapahtuvan epätydyttävällä tasolla, on suunnitel-

maa joko muutettava (esim. rakentamalla lisäkaista tai siirtämällä rampin paikkaa), alennettava rampin liikennemäärää (tydyttämällä liikennetarve muilla yhteyksillä) tai alennettava moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää. Koska tietyt yhtälöissä esitetyt kertoimet ovat kussakin tutkittavassa tehtävässä yleensä vakioita, voidaan usein varsin nopeasti määrittää käytettävissä olevat vaihtoehtoiset ratkaisut. Laskelmien helpottamiseksi on kuvissa esitetty myös kutakin yhtälöä vastaavat nomogrammit, joiden käyttöohjeet on esitetty suoraan kuvaajan yhteydessä. Nomogrammien käyttö yleensä nopeuttaa kussakin tapauksessa mahdollisten ratkaisuvaihtoehtojen soveltuvuuden arviointia.

Kuten aikaisemmin esitettiin, voidaan useimmissa tapauksissa näissä menetelmissä käytettyjä tai laskettuja liikennemääriä pitää sekaliikennemääriinä (kun kuorma-autojen osuus on alle 5 %) suurta virhettä tekemättä. Jos kuitenkin pituuskaltevuudet ovat huomattavia tai kuorma-autojen osuus merkittävä, tulisi nämä seikat ottaa huomioon korjaamalla lopputuloksia luvussa 9 esitettyjä kuorma-autojen ekvivalenttikertoimia käyttäen. (Korjauksia ei tule tehdä laskelmien välivaiheissa, joissa sekaliikennemääriä on käytettävä sellaisenaan.)

Kuvien jälkeen on esitetty muutamia niiden käyttöön liittyviä laskennollisia ohjeita, joita joissakin tapauksissa joudutaan käyttämään eräiden kuvien yhteydessä. Edelleen käsitellään tekstissä sellaisia geometrisia ratkaisuja, joista ei ollut käytettävissä riittävästi tietoja yksityiskohdallisten yhtälöiden laatimiseksi. Mahdollisuuksien mukaan on esitetty myös tällaisten tapausten ratkaisuihin käytettäviä likimääräisiä menetelmiä.

Taulukossa 8.2 on esitetty yhteenveto tässä luvussa joko kuvissa tai tekstissä käsitellyistä geometrisista ratkaisuista.

Muut laskennolliset menetelmät

Lisäkaistan käyttö - Kuvia 8.6, 8.7, 8.11, 8.12 ja 8.16 käytetään tarkasteltaessa liittyvää rampia kohteissa, joissa on rakennettu seuraavaan erkanemaan ramppiin asti ulottuva lisäkaista. Lisäkaistan käyttö muuttaa laskennollisia menetelmiä jonkin verran tavanomaiseen liittymis- ja erkanemisratkaisuun verrattuna. Lisäkaistan aikaansaamat parantuneet sekoittumis- tai kaistanvaihtomahdollisuudet ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan välillä edellyttävät, että kummankin kaistan liikennemäärät määritetään tietyissä pisteissä ramppien kärkeä välillä. Samoin tulisi määrittää ajoradan kullakin 150 m pitkällä jaksolla tapahtuvan sekoittumisen määrä.

Ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan laskettuja liikennemääriä tulisi verrata erikseen palvelutason välityskykyyn. Jos tarkistuspiste on ramppi-

en kirkkien välisen etäisyyden puolivälissä tai lähempänä liittyvää ramppia, tulisi vertailussa käyttää liittyvää yhteisliikennemäärää koskevaa palvelutason välityskykyä. Vastaavasti jos tarkistuspiste on lähempänä erkanevaa ramppia, tulisi käyttää erkanevaa yhteisliikennemäärää koskevaa palvelutason välityskykyä.

Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärää tarkistettaessa ei lisäkaistaa saa laskea moottoritien ajokaistaksi eikä sen liikennemäärää sisällyttää tarkasteltavaan kokonaisliikennemäärään.

Kuvaa 8.20 käytetään muiden täydennyksenä tutkituissa tapauksissa, joissa lisäkaista on rakennettu. Kuvan avulla voidaan määrittää liittyvän ja erkanevan liikennemäärän keskinäiset suhteet lisäkaistan jokaisessa pisteessä. Kuvaa voidaan käyttää tapauksissa, joissa lisäkaista on enintään 420 m (1400 ft) pitkä, eli kuvien 8.6, 8.7, 8.11, 8.12 ja 8.16 osoittamissa tapauksissa. (Jos lisäkaista on pitempi kuin 420 m, voidaan soveltaa kuvan 8.23 tapauksessa II osoitettua jakautumaa.). Käytettävä laskentamenetelmä on seuraava:

- a) Määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla käyttämällä asianmukaista perusnomogrammia (kuvat 8.6, 8.7, 8.11, 8.12 tai 8.16). Tämä ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä muodostuu sekä suoraan ajavista ajoneuvoista että ajoneuvoista, jotka aikovat poistua liikennevirrasta seuraavaa alavirtaan sijaitsevaa erkanevaa ramppia pitkin. Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärän laskemisen yksinkertaistamiseksi on oletettu, että kaikki seuraavassa rampissa erkanevat ajoneuvot ovat ensimmäisellä ajokaistalla liittyvän rampin kärjen kohdalla. Käytännössä oikeampi arvo todennäköisesti on suunnilleen 95 %, koska aina on joitakin ajajia, jotka siirtyvät ensimmäiselle ajokaistalle myöhemmin joko omasta ajotavastaan tai muista ajoneuvoista johtuen, ja jotka siis liittyvän rampin kärjen kohdalla vielä ovat toisella ajokaistalla.
- b) Vähennetään seuraavan erkanevan rampin liikennemäärä lasketusta ensimmäisen ajokaistan liikennemäärästä, jolloin tuloksena on ensimmäistä ajokaistaa suoraan ajavien ajoneuvojen määrä.
- c) Tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät eri pisteissä ramppien välillä. Liikennemäärät muodostuvat seuraavasti:

$$I \text{ ajokaistan liikennemäärä} = I \text{ ajokaistaa suoraan ajavat ajoneuvot} + \text{liittyvästä rampista liittyneet ajoneuvot, jotka ovat jo poistuneet lisäkaistalta (kuva 8.20, ylempi käyrä)} + \text{vielä I ajokaistalla olevat erkanevat ajoneuvot (kuva 8.20, alempi käyrä)}.$$

Lisäkaistan liikennemäärä = Liittyvästä rampista saapuneet edelleen lisäkaistalla olevat ajoneuvot (kuva 8.20, ylempi käyrä) + erkanevat ajoneuvot, jotka ovat siirtyneet lisäkaistalle (kuva 8.20, alempi käyrä).

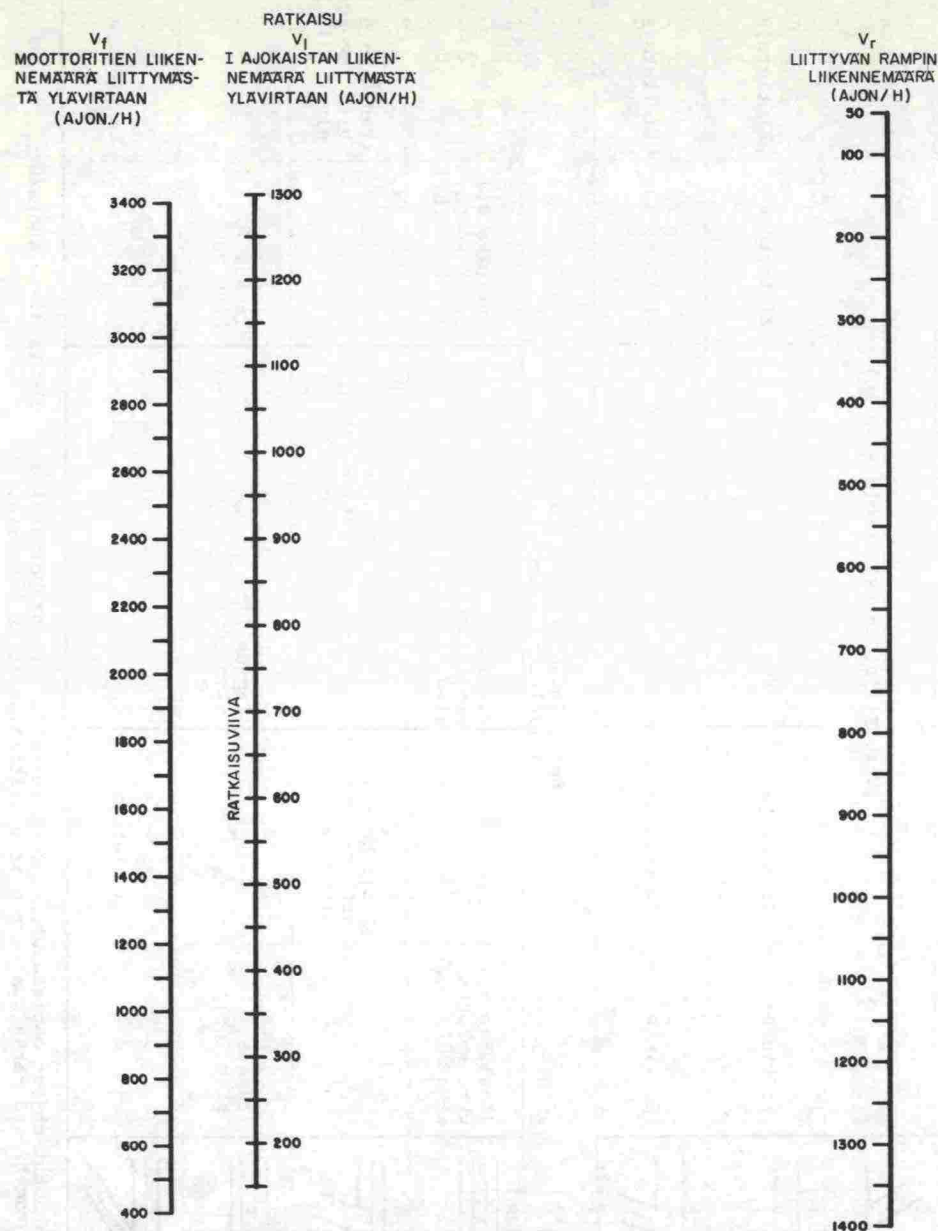
Koska ensimmäisellä ajokaistalla on sekä suoraan ajavia että rampeja käyttäviä ajoneuvoja, näyttää ilmeiseltä, että mahdollisen ylikuormituksen kannalta tarkasteltuna juuri tämä ajokaista on kriittinen verrattuna lisäkaistaan, jota pitkin ainoastaan rampeja käyttävät ajoneuvot ajavat. Ramppien välinen kriittisin kohta voidaan tavallisesti määrittää ottamalla huomioon kummankin rampin suhteelliset liikennemäärät ja kuvassa 8.20 esitettyjen käyrien muoto. Tarkastelemalla kuvassa 8.20 esitettyä ylempää käyrää todetaan, että lisäkaistalta ensimmäiselle ajokaistalle siirtyvien liittyvästä rampista saapuneiden ajoneuvojen määrä on suurimmillaan lisäkaistan pituuden pisteiden 0.3 ja 0.6 välillä. Erkanevaa ramppia käyttävät ajoneuvot pysyvät suurimmaksi osaksi ensimmäisellä ajokaistalla lisäkaistan puoliväliin asti, jonka jälkeen lisäkaistalle siirtyminen tapahtuu voimakkaimmin puolivälin ja kohdan 0.8 välisellä matkalla.

Edellä esitetystä voidaan päätellä, että ensimmäisen ajokaistan raskaimmin liikennöity osa on pisteiden 0.5 ja 0.6 väli lisäkaistan pituudesta. Nyrkkisääntönä riittää yleensä vain lisäkaistan puolivälin kohdalla esiintyvä liikennemäärän määrittäminen, jos ensimmäisen ajokaistan ja liittyvän rampin liikennemäärä yhteensä on enintään 1.5 kertaa taulukossa 8.1 esitetty liittyvää yhteisliikennemäärää koskeva palvelutason välityskyky. Poikkeuksena säännöstä ovat tapaukset, joissa ramppien liikennemäärät ovat huomattavan suuria. Jos erkanevan rampin liikennemäärä on verraten suuri, tulisi tarkistaa, ettei ensimmäisellä ajokaistalla esiinny ylikuormitusta liittyvän rampin kärkeä välittömästi seuraavalla osalla, esimerkiksi pisteessä 0.2 lisäkaistan pituudesta. Tämän pisteen liikennemäärää verrataan liittyvää yhteisliikennemäärää koskevaan palvelutason välityskykyyn. Jos taas liittyvän rampin liikennemäärä on verraten korkea, tulisi ensimmäisen ajokaistan liikennemäärän tarkistuslaskelma suorittaa erkanevan rampin kärjestä jonkin verran ylävirtaan olevassa kohdassa, esimerkiksi pisteessä 0.8. Tämä tarkistus suoritetaan vertaamalla ko. pisteen liikennemäärää erkanevaa yhteisliikennemäärää koskevaan palvelutason välityskykyyn, koska tarkistuspiste on lähempänä erkanevaa kuin liittyvää rampia.

Kuvan 8.3 tarkennettu käyttö - Kuvaa 8.3 käytetään määritettäessä nelikaistaisten moottoriteiden ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä välittömästi erkanevasta rampista ylävirtaan, jos tarkastelta-

GEOMETRINEN RATKAISU ^{b,c}	NELIKAISTAINEN MOOTTORITIE KAKSI KAISTAA MOL. SUUNTIIN		KUUSIKAISTAINEN MOOTTORITIE KOLME KAISTAA MOL. SUUNTIIN		KAHDEKSANKAIST. MOOTT. TIE NELJÄ KAISTAA MOL. SUUNT.	
	LIITTYVÄ RAMPPI	ERKANEVA RAMPPI	LIITTYVÄ RAMPPI	ERKANEVA RAMPPI	LIITTYVÄ RAMPPI	ERKANEVA RAMPPI
YKSINKERT. RAMPIT 	Kuva 8.2 tai Kuva 8.8	-	Kuva 8.13 (tai kuva 8.9 vrt. f-kohta sivu 201)	-	Kuva 8.14 tai Kuva 8.15	-
	(Kuva 8.2)	-	Kuva 8.9	-	(Kuva 8.14 tai Kuva 8.15)	-
	-	Kuva 8.3 tai Kuva 8.4	-	Kuva 8.10	-	(Taulukko 8.3 ja Kuva 8.24b)
	Kuva 8.5	(Kuva 8.4)	-	-	-	-
	Kuva 8.6	(Kuva 8.6 ja Kuva 8.20)	Kuva 8.11	(Kuva 8.11 ja Kuva 8.20)	(Kuva 8.16)	(Taulukko 8.3 ja Kuva 8.24b)
	Kuva 8.7	(Kuva 8.7 ja Kuva 8.20)	Kuva 8.12	(Kuva 8.12 ja Kuva 8.20)	Kuva 8.16	(Taulukko 8.3 ja Kuva 8.24b)
 ENSIMM. TOINEN	Ensimm: Kuva 8.2 Toinen: Kuva 8.8 tai 8.2	-	Ensimm: Kuva 8.9 Toinen: Kuva 8.13	-	(Taulukko 8.3 ja Kuva 8.24b)	-
 ENSIMM. TOINEN	-	Ens: (Kuva 8.4 ja a-kohta, s. 200) Toinen: kuva 8.3 tai 8.4	-	Ens: (Kuva 8.10 ja b-kohta, s. 201) Toinen: (Kuva 8.10)	-	(Taulukko 8.3 ja Kuva 8.24b)
	(Vrt. Kirjallisuusluettelo 9 ja 10)					
KAKSIKAIST. RAMPIT 	Ei tietoja	Ei tietoja	Kuva 8.17	-	Ei tietoja	Ei tietoja
	Ei tietoja	Ei tietoja	-	Kuva 8.18	Ei tietoja	Ei tietoja
Kaistalukumäärä muuttuu (sisält. haarautumat)						
YKSIKAIST. RAMPIT 	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201 oik.)	-	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201 oik.)	-	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201 oik.)	-
	-	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201)	-	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201)	-	(Taulukko 8.1 vrt. a-kohta, sivu 201)
HAARAUTUMAT 	(Tapaus I, sivu 202)	-	(Tapaus I, sivu 202)	-	(Tapaus I, sivu 202)	-
	-	Ei tietoja	-	Kuva 8.19	-	Ei tietoja

^aSuluissa annetut ohjeet osoittavat, että ehdotettuja laskentaperusteita ei ole laadittu suoraan kyseistä geometristä ratkaisua varten sekä viittaavat luvun tekstiin.^bKäsiteltävät liittymäkohdat on piirretty paksummalla viivalla.^cKiihdytys- tai hidastuskaistoja ei ole esitetty.



KÄYTTÖOLOSUHTEET

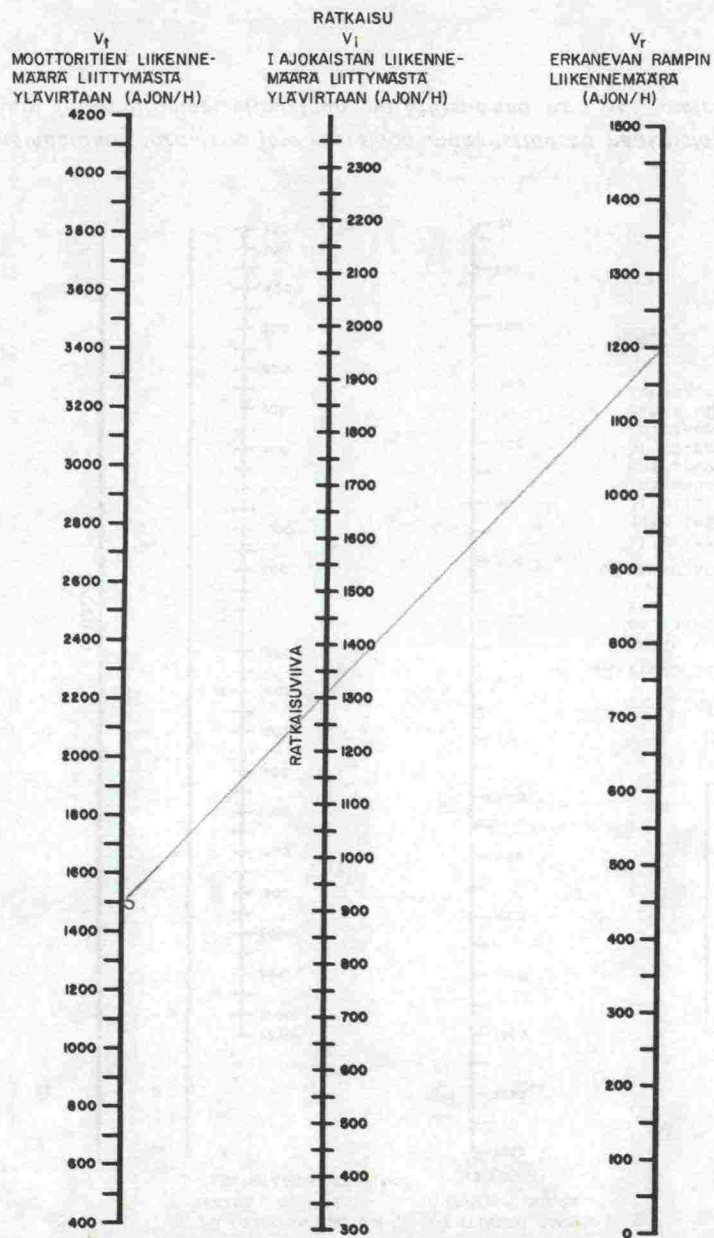
Määritetään I ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla ennen liittymistä. Ramppi voi olla millainen tahansa 1-kaistainen paitsi silmukka (käyt. kuvia 8.5 ja 8.6). Kiihdytyskaista voi olla rakennettu tai puuttua.

Jos liittyvä ramppi on alle 600 m ylävirtaan, käyt. kuvaa 8.8.

RATKAISUTAPA

Piirretään viiva V_f -arvosta V_r -arvoon. Leikkauspiste ratkaisuviivan kanssa antaa V_l -arvon.

Kuva 8.2 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittymärampista ylävirtaan (ei voida käyttää neliapilan silmukkarampeissa).



KÄYTTÖOLOSUHTEET

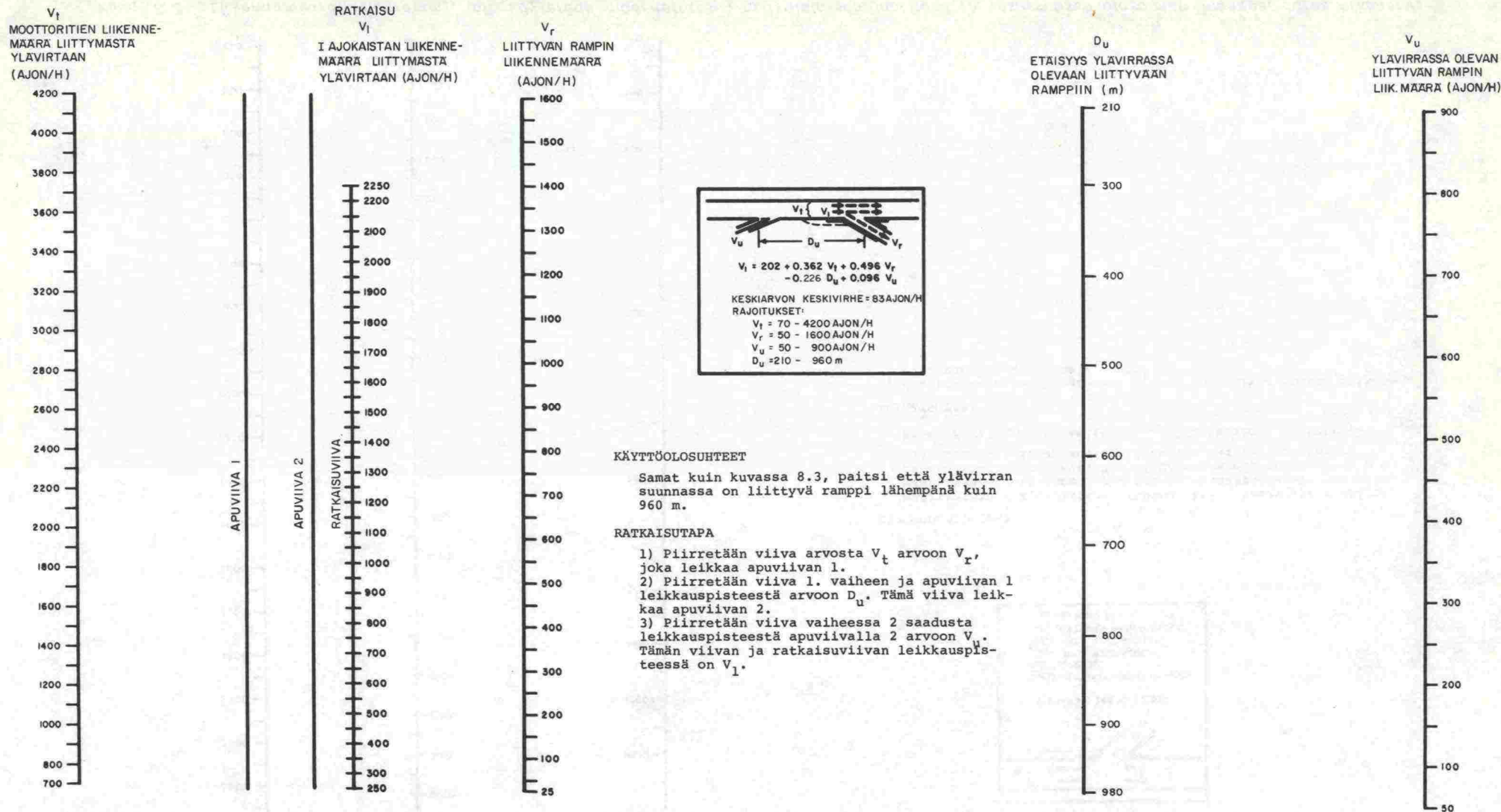
Määritetään I ajokaistan liikennemäärä erkanevasta rampista ylävirtaan juuri ennen erkanemista. Hidastuskaista voi olla rakennettu tai puuttua. Jos liittyvä ramppi on alle 960 m ylävirtaan, saadaan kuvan 8.4 avulla tarkempi ratkaisu.

Huom. Sivulla 176 on esitetty yhtälön tarkempi käyttötapa.

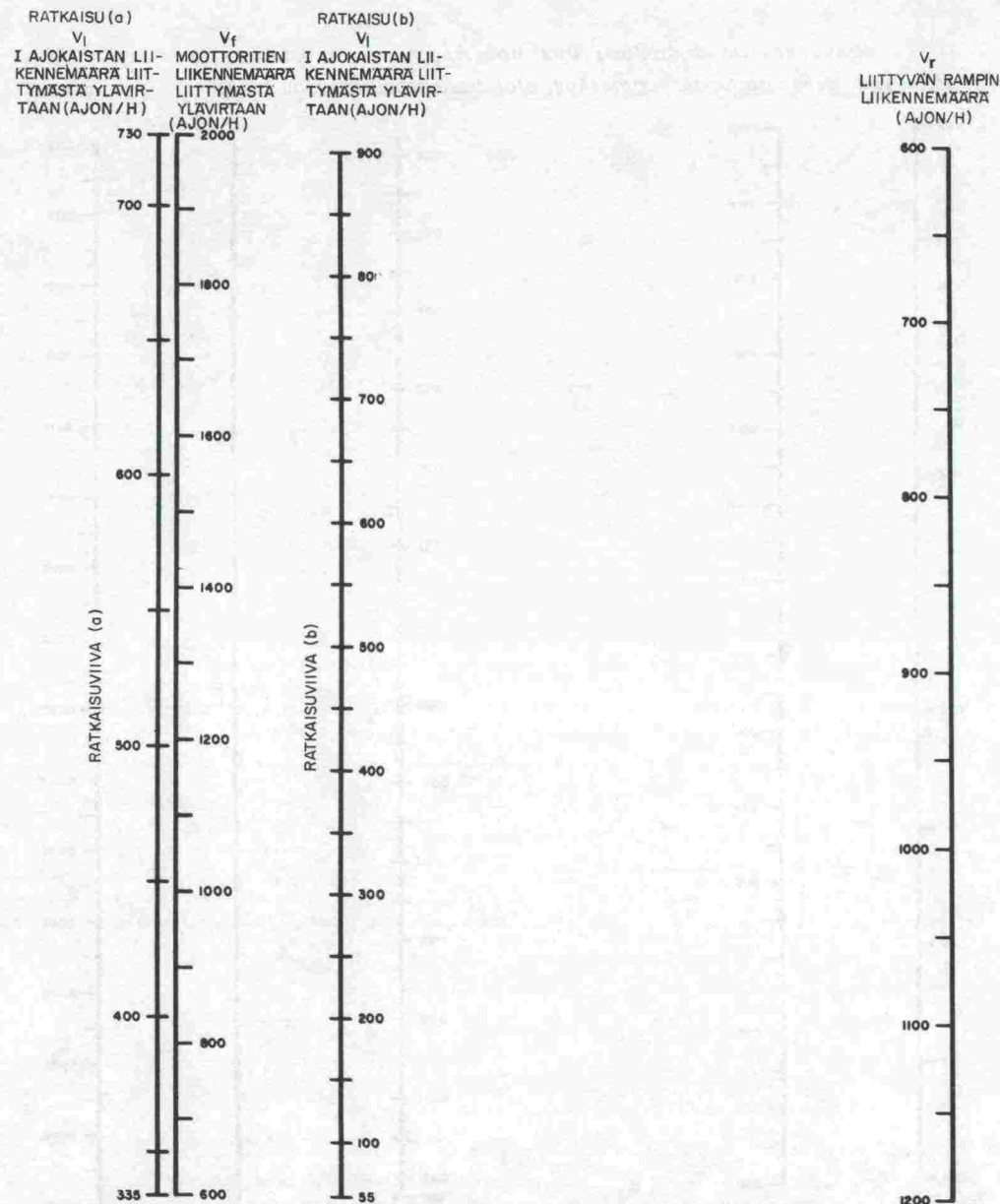
RATKAISUTAPA

Piirretään viiva V_r -arvosta V_r -arvoon. Leikkauspiste ratkaisuviivan kanssa antaa V_1 -arvon.

Kuva 8.3 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää erkanemisrampista ylävirtaan (lähin liittymäramppi vähintään 960 m ylävirtaan tutkittavasta rampista).



Kuva 8.4 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittettäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää erkanemisrampista ylävirtaan, kun lähin liittymäramppi ylävirtaan on lähempänä kuin 960 metrin päässä (lisäkaistoja ei ole).



KÄYTTÖOLOSUHTEET

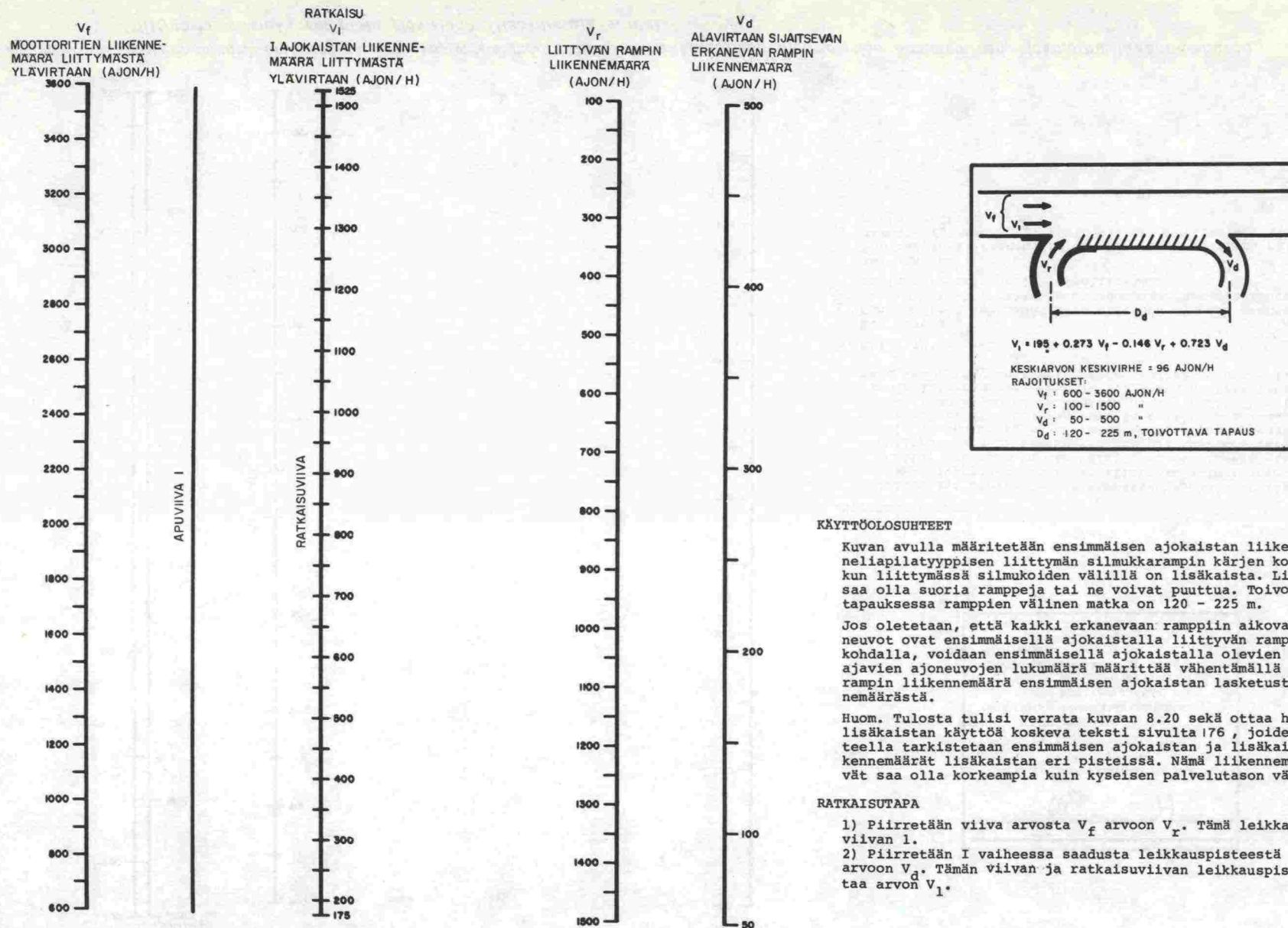
Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä neliaxialatyyppisen liittymän liittyvän silmukkarampin kärjen kohdalla, kun silmukoiden välillä ei ole lisäkaistaa. Kiihdytyskaista saa olla rakennettu tai puuttua. Ko. ratkaisu, jossa ei ole lisäkaistaa, on verraten harvinaisen nykyaikaisilla moottoriteillä, mutta vanhemmilla teillä tällaisia ratkaisuja on edelleen käytössä. Ratkaisua a) käytetään, kun liittyvän rampin liikennemäärä on alle 600 ajon./h. Ratkaisua b) käytetään kun liittyvän rampin liikennemäärä on 600 - 1200 ajon./h.

RATKAISUTAPA

Ratkaisu a)
 Kun rampin liikennemäärä on alle 600 ajon./h saadaan V₁ ratkaisuviivalta a) vaakasuorassa suunnassa samasta kohtaa kuin asianomainen V_f arvo omalta akseliltaan.

Ratkaisu b)
 Kun rampin liikennemäärä on 600 - 1200 ajon./h, piirretään viiva arvosta V_f arvoon V₁. Tämän viivan ja ratkaisuviivan b) leikkauspiste osoittaa arvon V₁.

Kuva 8.5 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä silmukkarampista ylävirtaan (lisäkaistoja ei ole).



KÄYTTÖOLOSUHTEET

Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä neliaapilatyypin liittymän silmukkarampin kärjen kohdalla, kun liittymässä silmukoiden välillä on lisäkaista. Liittymässä saa olla suoria rampeja tai ne voivat puuttua. Toivottavassa tapauksessa ramppien välinen matka on 120 - 225 m.

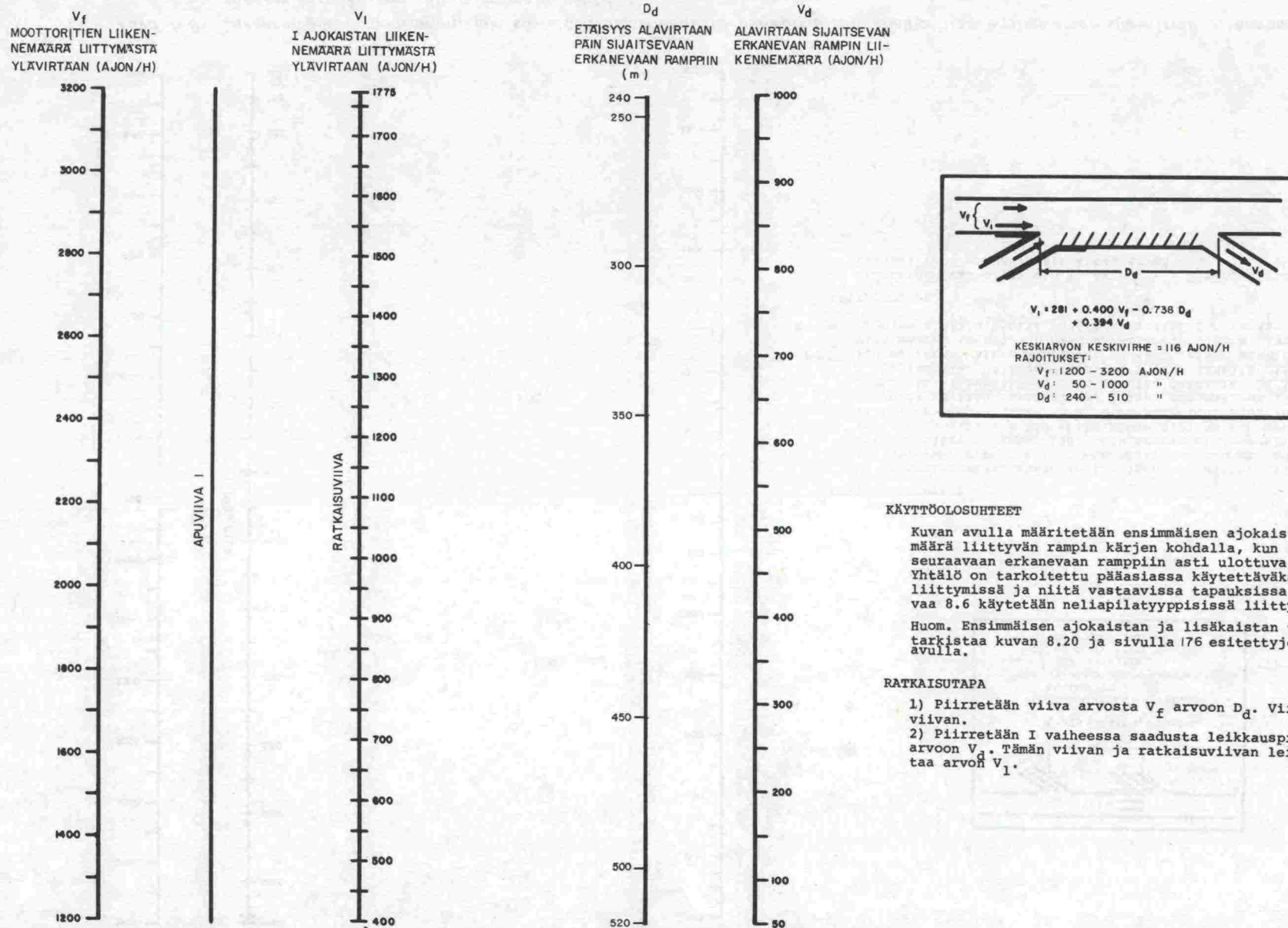
Jos oletetaan, että kaikki erkanevaan ramppiin aikovat ajoneuvot ovat ensimmäisellä ajokaistalla liittyvän rampin kärjen kohdalla, voidaan ensimmäisellä ajokaistalla olevien suoraan ajavien ajoneuvojen lukumäärä määrittää vähentämällä erkanevan rampin liikennemäärä ensimmäisen ajokaistan lasketusta liikennemäärästä.

Huom. Tulosta tulisi verrata kuvaan 8.20 sekä ottaa huomioon lisäkaistan käyttöä koskeva teksti sivulta 176, joiden perusteella tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät lisäkaistan eri pisteissä. Nämä liikennemäärät eivät saa olla korkeampia kuin kyseisen palvelutason välityskyky.

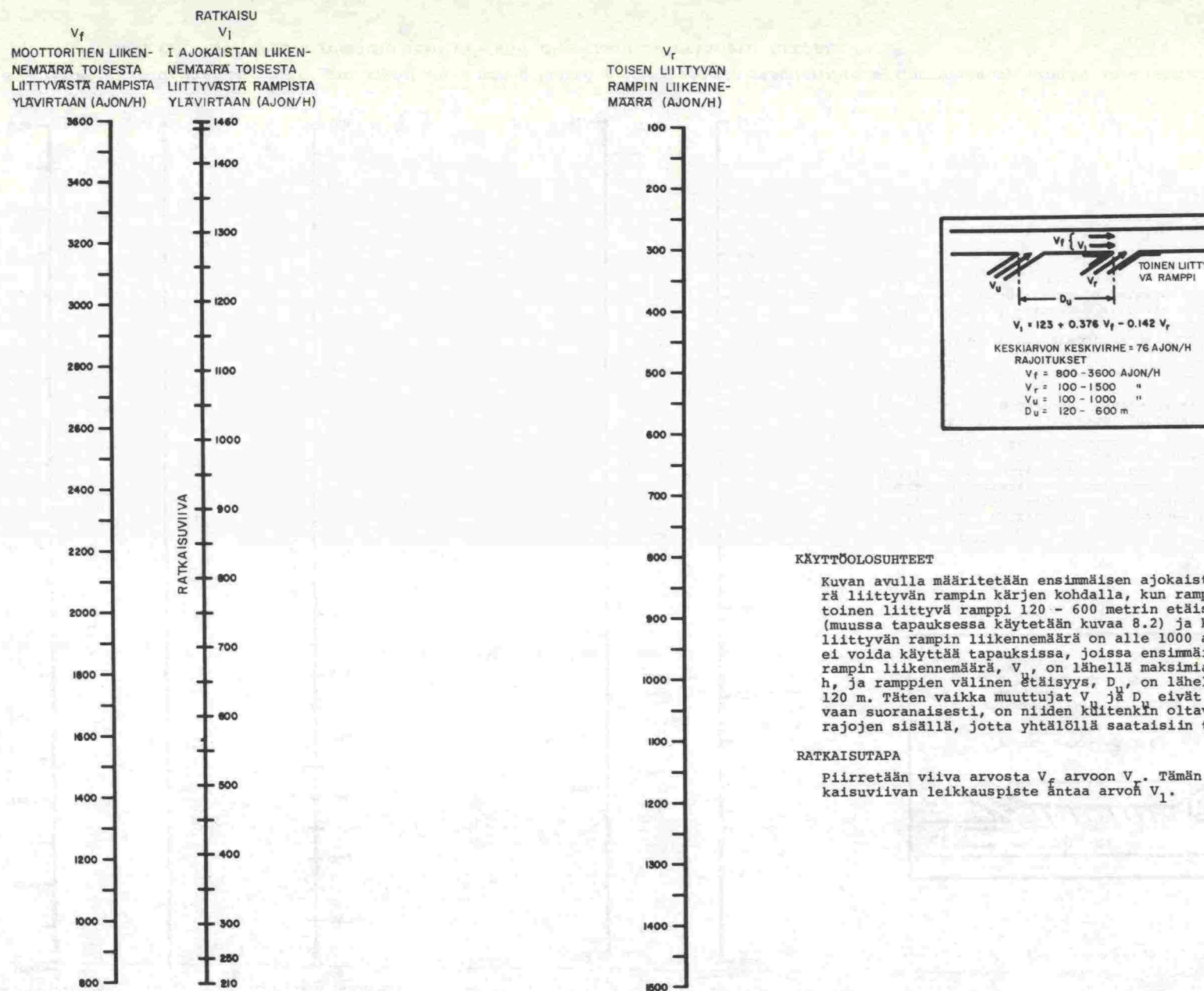
RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Tämä leikkaa apuviivan 1.
- 2) Piirretään I vaiheessa saadusta leikkauspisteestä viiva arvoon V_d . Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste osoittaa arvon V_l .

Kuva 8.6 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä silmukkarampista ylävirtaan kun lisäkaista on rakennettu.



Kuva 8.7 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittymisrampista ylävirtaan, kun tutkittavasta rampista sekä ylä- että alavirtaan on erkaneva ramppi.



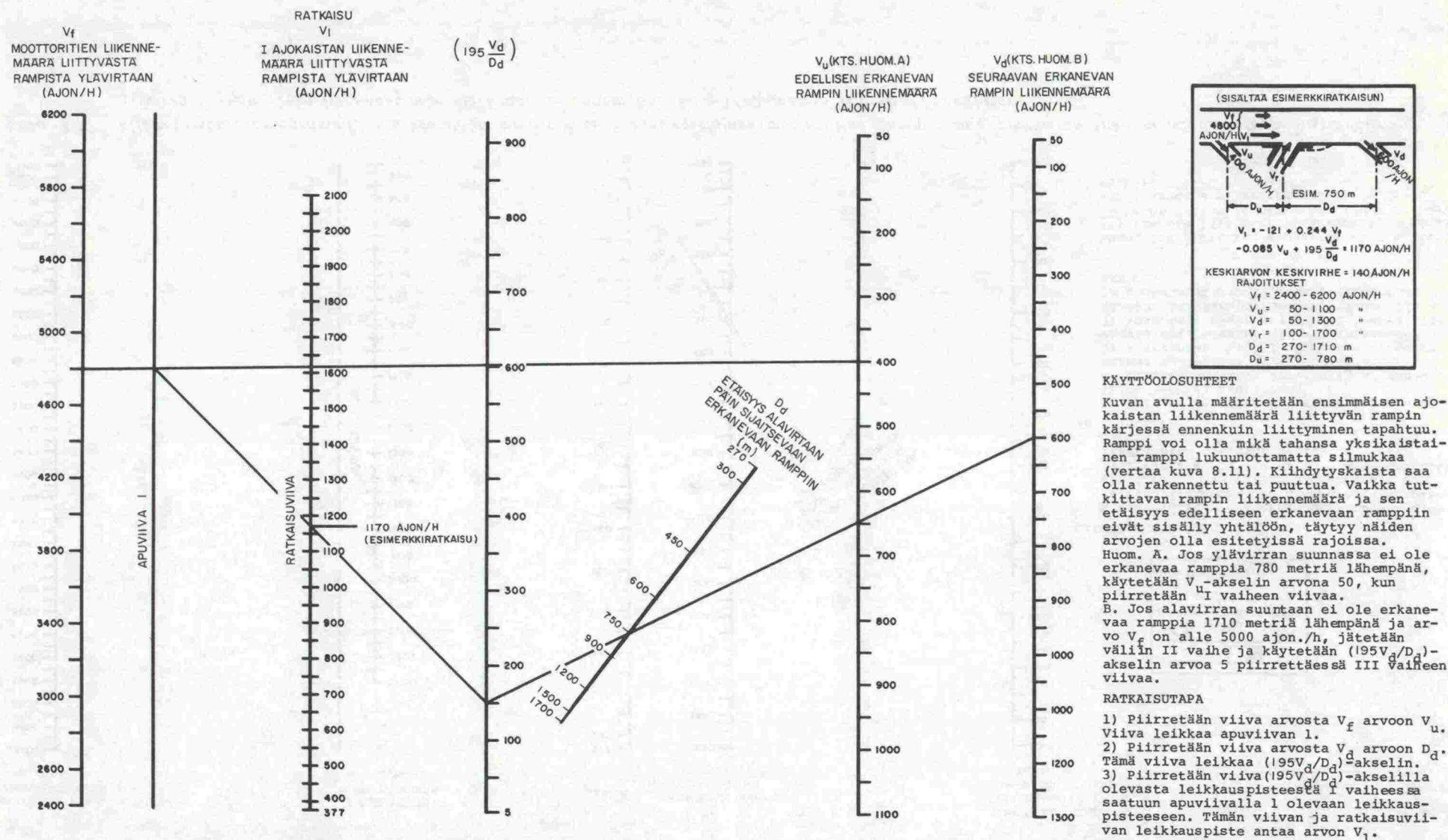
KÄYTTÖOLOSUHTEET

Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla, kun ramppia edeltää toinen liittyvä ramppi 120 - 600 metrin etäisyydellä siitä (muussa tapauksessa käytetään kuvaa 8.2) ja kun ensimmäisen liittyvän rampin liikennemäärä on alle 1000 ajon./h. Kuvaa ei voida käyttää tapauksissa, joissa ensimmäisen liittyvän rampin liikennemäärä, V_r , on lähellä maksimiarvoa 1000 ajon./h, ja ramppien välinen etäisyys, D_u , on lähellä minimiarvoa 120 m. Täten vaikka muuttujat V_f ja D_u eivät sisälly kaavaan suoranaisesti, on niiden kuitenkin oltava tiettyjen rajojen sisällä, jotta yhtälöllä saataisiin tarkat arvot.

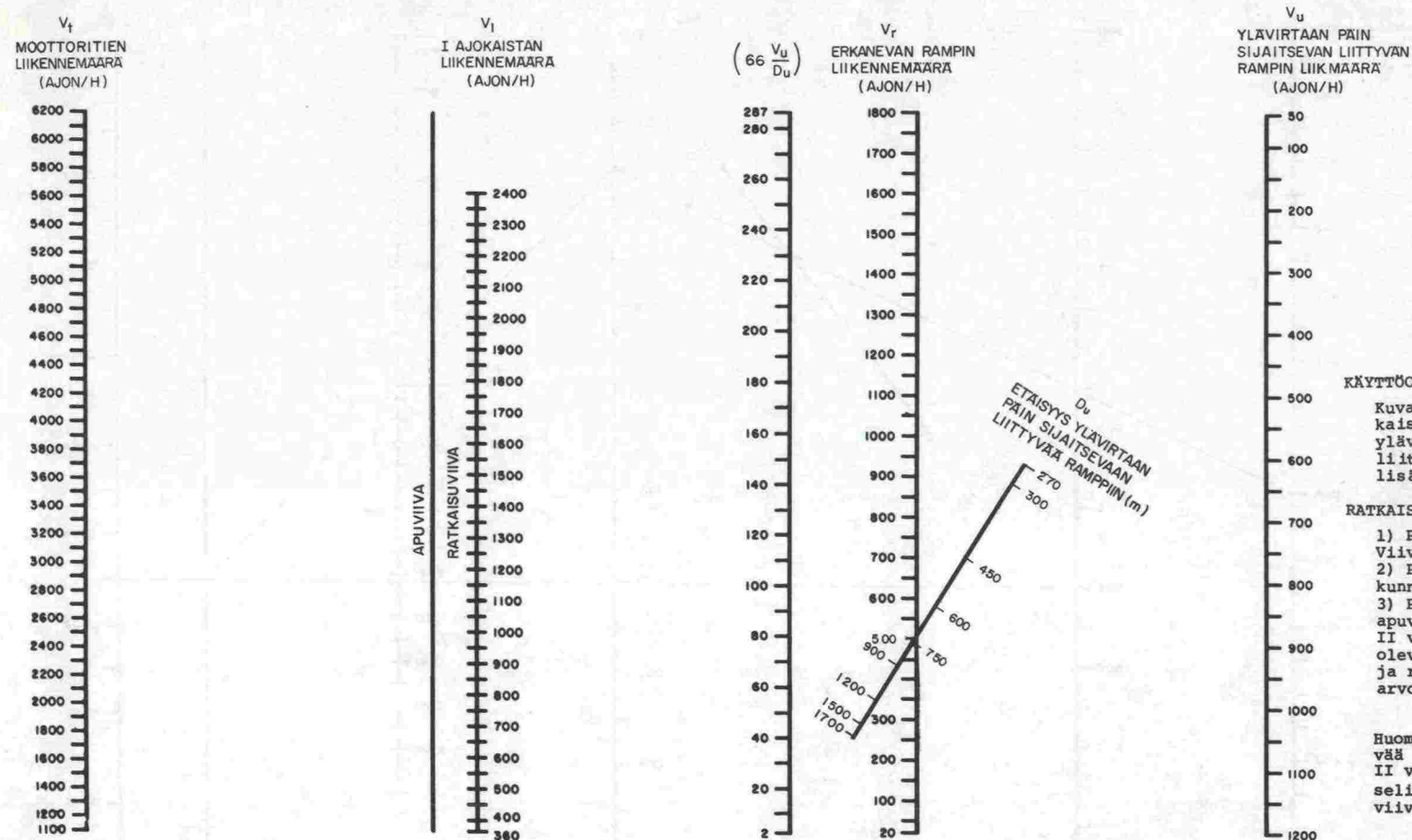
RATKAISUTAPA

Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste antaa arvon V_l .

Kuva 8.8 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä nelikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää kahden peräkkäisen liittymisrampin välillä.



Kuva 8.9 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittymisrampista ylävirtaan, kun tutkittavasta rampista sekä ylä- että alavirtaan on erkaneva ramppi (lisäkaistoja ei ole).



Kuva 8.10 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää erkanemisrampista ylävirtaan, kun lähin liittymäramppi ylävirtaan on lähempänä kuin 1710 metrin päässä (lisäkaistaa ei ole).

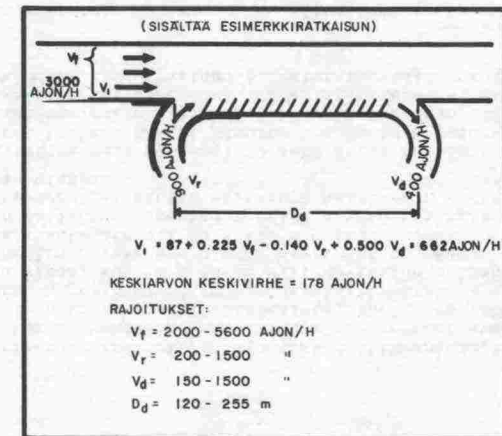
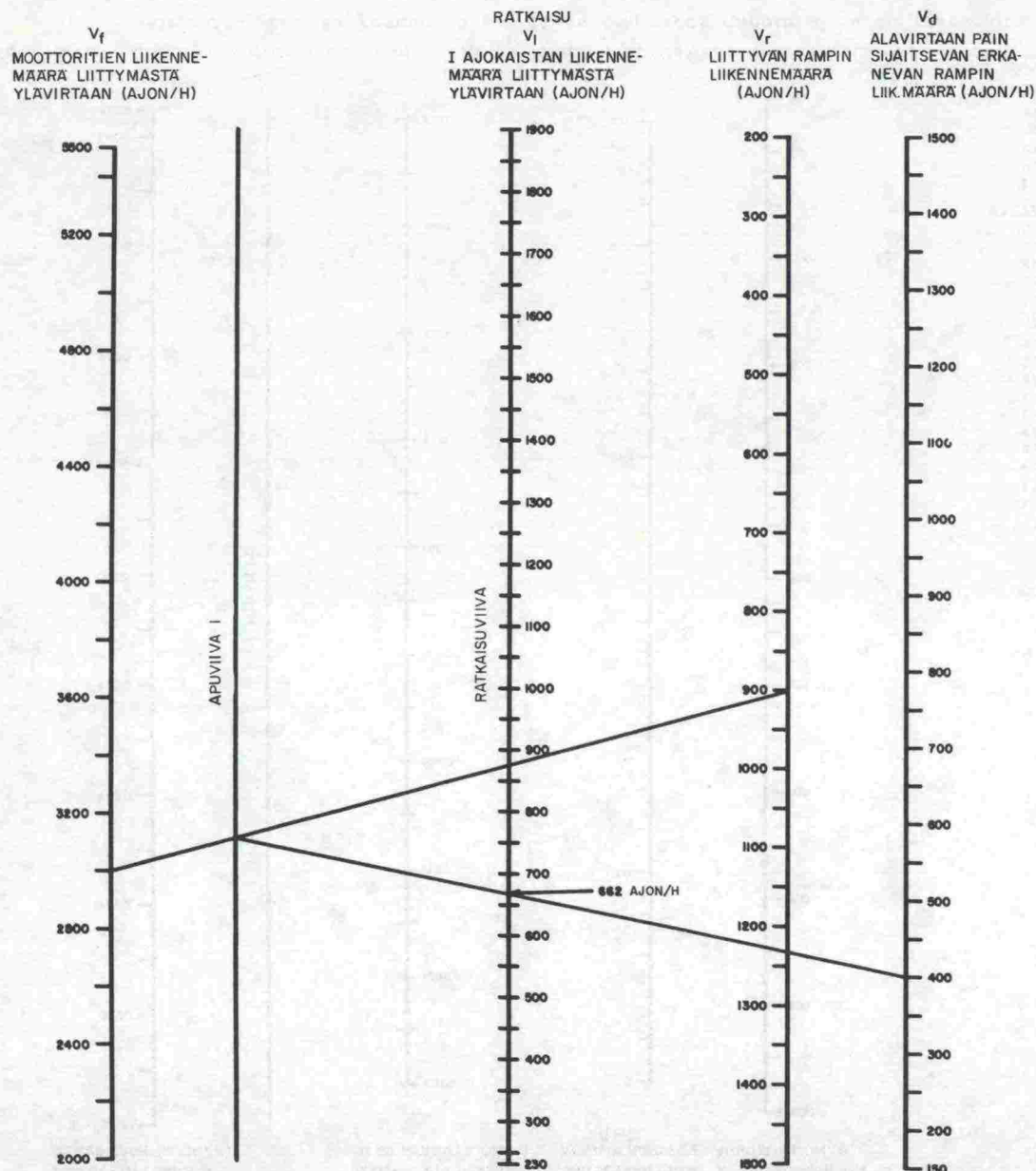
KÄYTTÖOLOSUhteet

Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä erkanevasta rampista ylävirtaan, kun ylävirran suunnassa on liittyvä ramppi 1710 metriä lähempänä eikä lisäkaistaa ole rakennettu.

RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Viiva leikkaa apuviivan.
- 2) Piirretään viiva arvosta V_u arvoon D_u kunnes se leikkaa $(66 V_u / D_u)$ -akselin.
- 3) Piirretään viiva I vaiheessa saadusta apuviivalla olevasta leikkauspisteestä II vaiheessa saatuun $(66 V_u / D_u)$ -akselilla olevaan leikkauspisteeseen. Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste antaa arvon V_1 .

Huom. Jos ylävirran suunnassa ei ole liittyvää rampia 1710 metriä lähempänä, jätetään II vaihe väliin ja käytetään $(66 V_u / D_u)$ -akselin arvoa 2 piirrettäessä III vaiheen viivaa.



KÄYTTÖOLOSUhteet

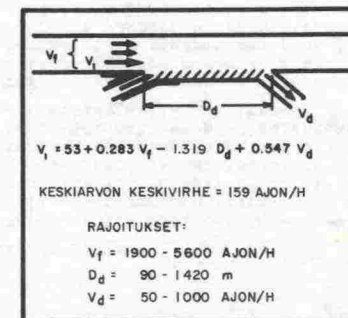
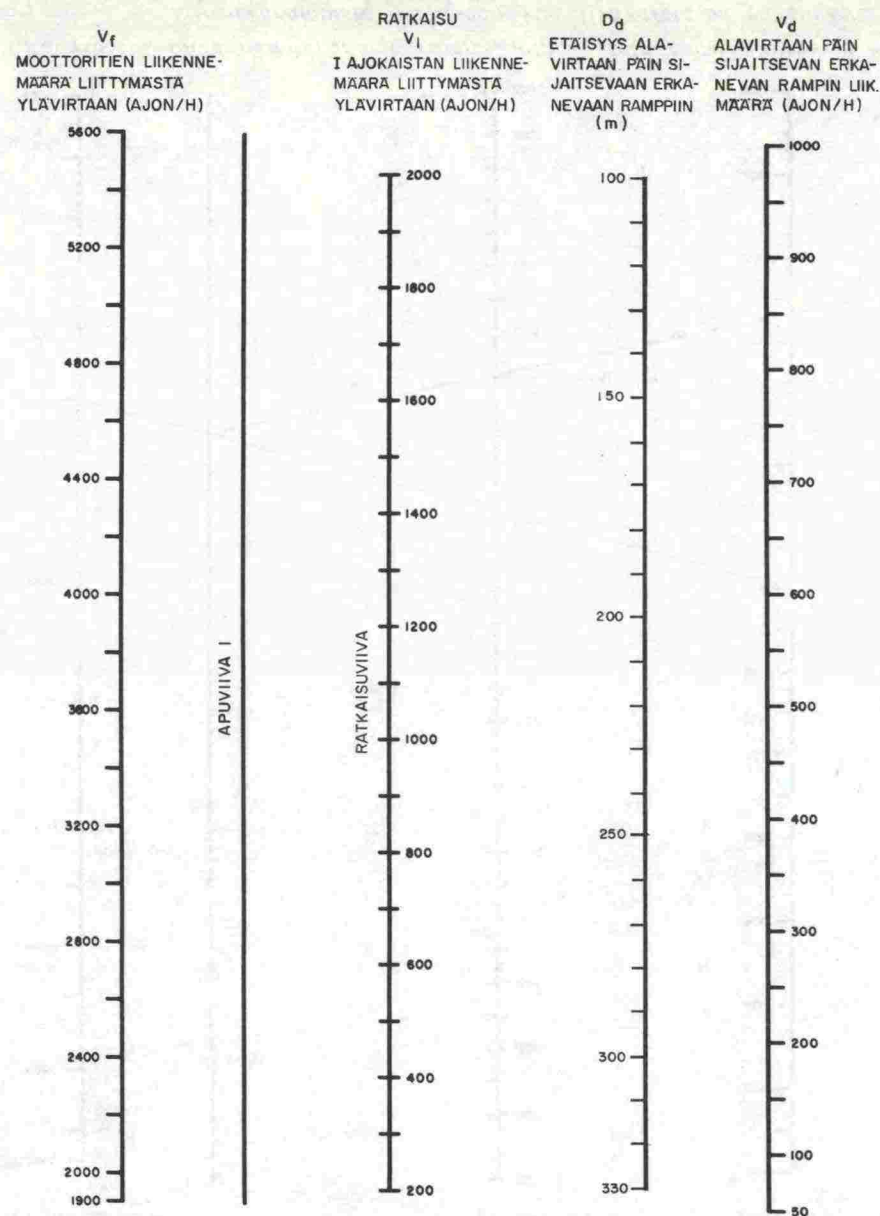
Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä neliajokaiden liittymän silmukkarampin kärjen kohdalla, kun silmukoiden välissä on lisäkaista. Liittymässä saa olla suoria rampeja tai ne voivat puuttua. Yhtäältä ei ota huomioon suorien ramppien vaikutuksia ja koskee vain liittyviä silmukkarampeja. Erkanevan silmukkarampin tulisi sijaita 120-255 metrin etäisyydellä alavirtaan.

Tulosta tulisi verrata kuvaan 8.20 sekä ottaa huomioon lisäkaistan käyttöä koskeva teksti sivulta 176, joiden perusteella tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät lisäkaistan eri pisteissä. Nämä liikennemäärät eivät saa olla korkeampia kuin kyseisen palvelutason välityskyky.

RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Tämä leikkaa apuviivan 1.
- 2) Piirretään I vaiheessa saadusta leikkauspisteestä viiva arvoon V_d . Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste osoittaa arvon V_i .

Kuva 8.11 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä silmukkarampista ylävirtaan, kun lisäkaista on rakennettu.



KÄYTTÖOLOSUHTEET

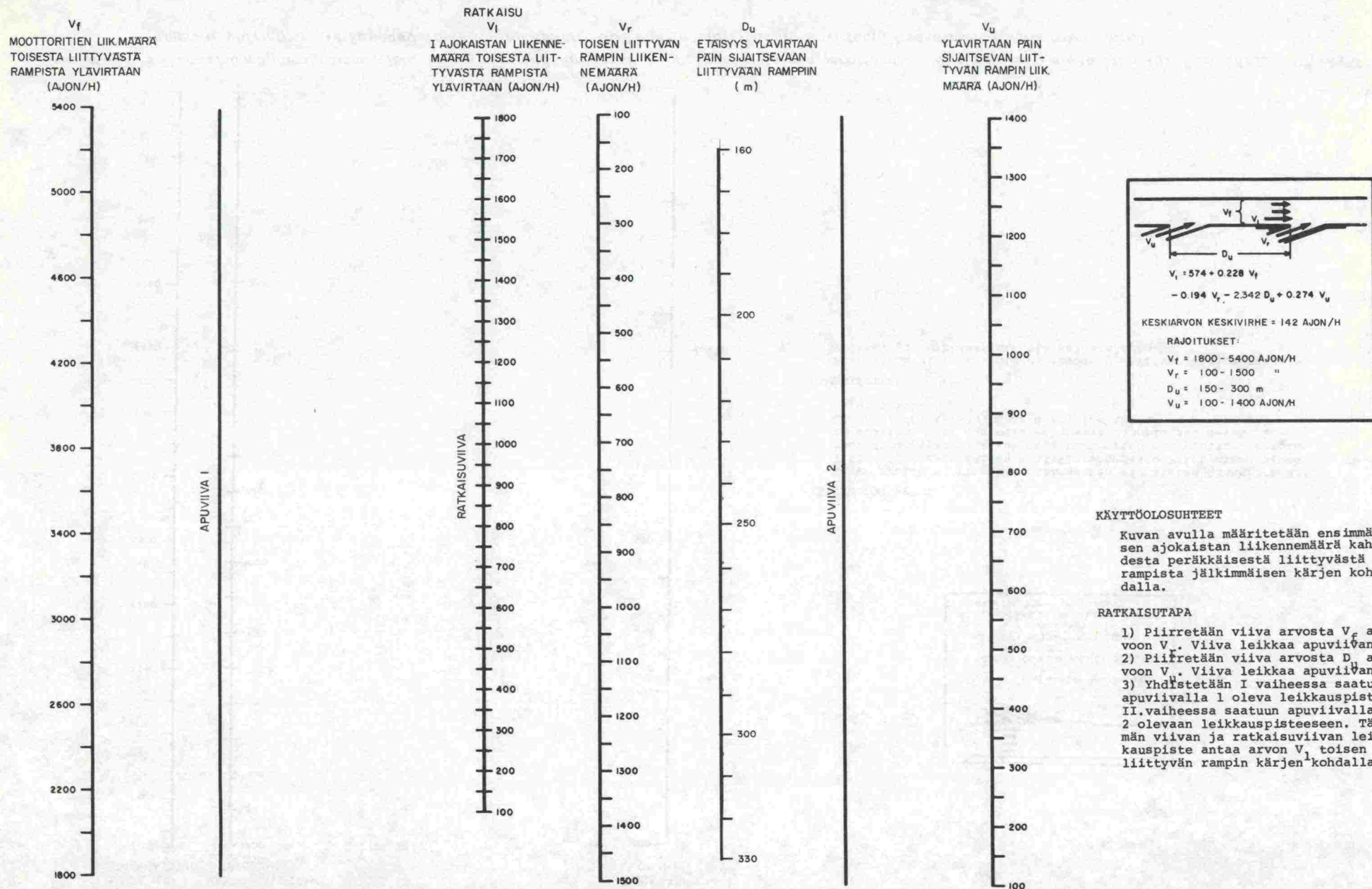
Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla, kun liittymässä on seuraavaan erkanevaan ramppiin asti rakennettu lisäkaista. Yhtälö on pääasiassa tarkoitettu käytettäväksi rombisissa liittymissä ja vastaavissa tapauksissa, kun taas kuvaa 8.11 käytetään neliapilaliittymissä. Yhtälön perusteena olevat havainnot on tehty kohteissa, joissa lisäkaista oli 90 - 420 m pitkä. Vaikka ekstrapolointi on sallittua, saattaa yhtälön käyttö pitempien lisäkaistojen yhteydessä aiheuttaa esitettyä keskiarvon keskivirhettä suurempia virheitä.

Huom. Tulosta tulisi verrata kuvaan 8.20 sekä ottaa huomioon lisäkaistan käyttöä koskeva teksti sivulta 176, joiden perusteella tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät lisäkaistan eri pisteissä. Nämä liikennemäärät eivät saa olla korkeampia kuin kyseisen palvelutason välityskyky.

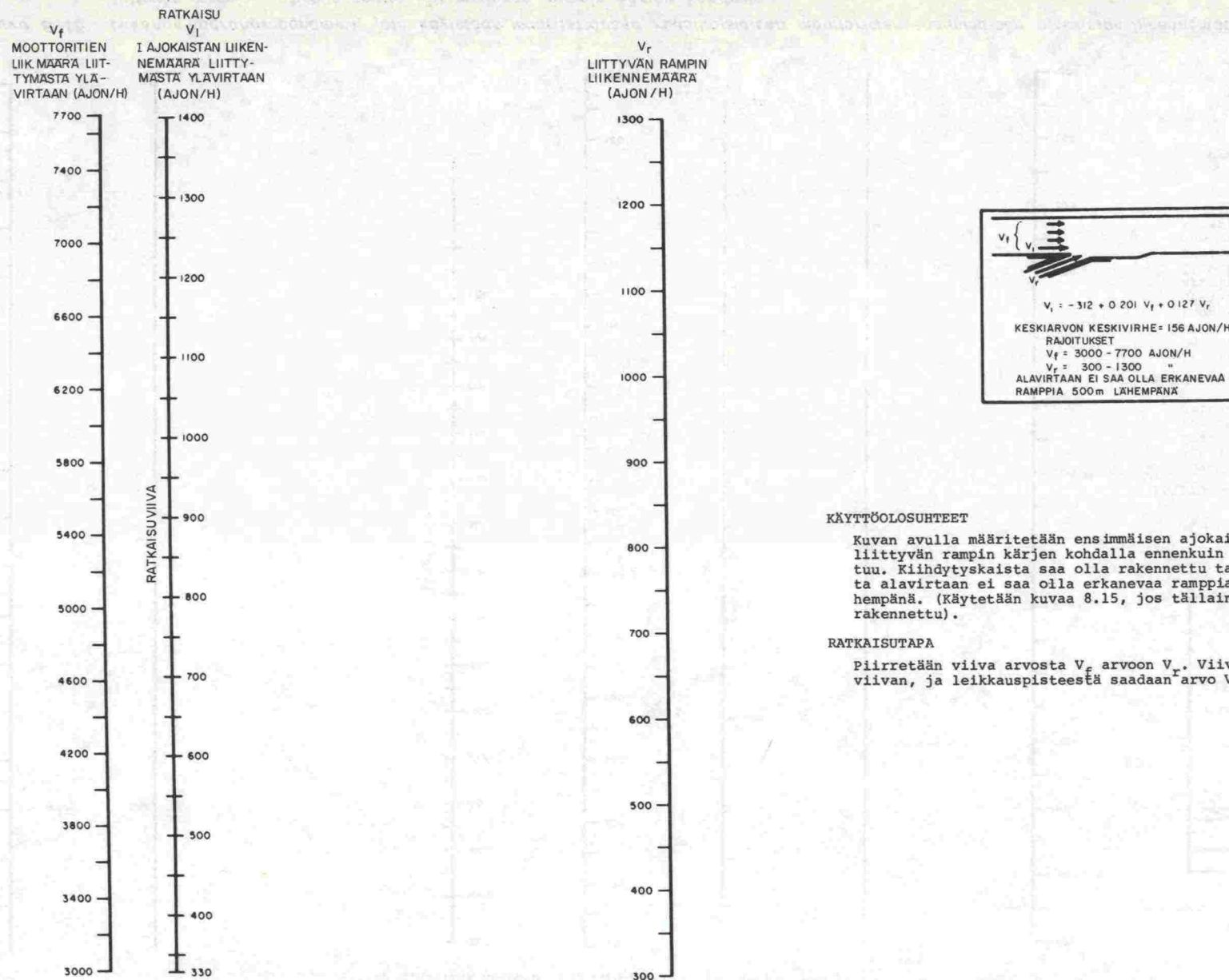
RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon D_d . Viiva leikkaa apuviivan 1.
- 2) Piirretään I vaiheessa saadusta leikkauspisteestä viiva arvoon V_d . Tämä viiva ja ratkaisuviivan leikkauspiste osoittaa arvon V_1 .

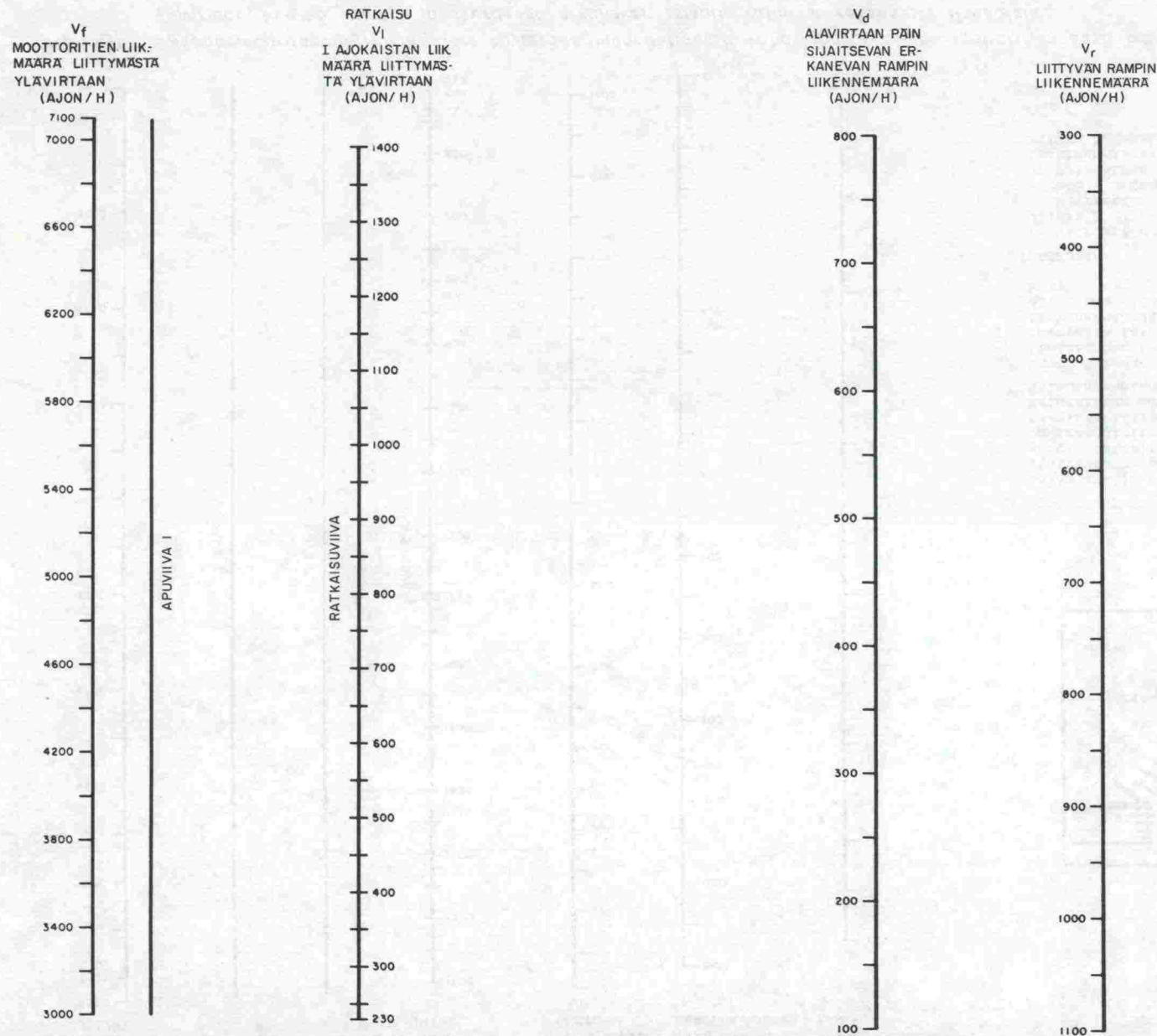
Kuva 8.12 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä rampista ylävirtaan, kun ko. rampin ja seuraavan erkanevan rampin väliin on rakennettu lisäkaista.



Kuva 8.13 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää kahden peräkkäisen liittyvän rampin välisellä osalla jälkimmäisen rampin kärjen kohdalla.



Kuva 8.14 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kahdeksankaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä rampista ylävirtaan (erkanevaa ramppia ei esiinny 900 metrin etäisyydellä alavirtaan, lisäkaistaa ei ole rakennettu).



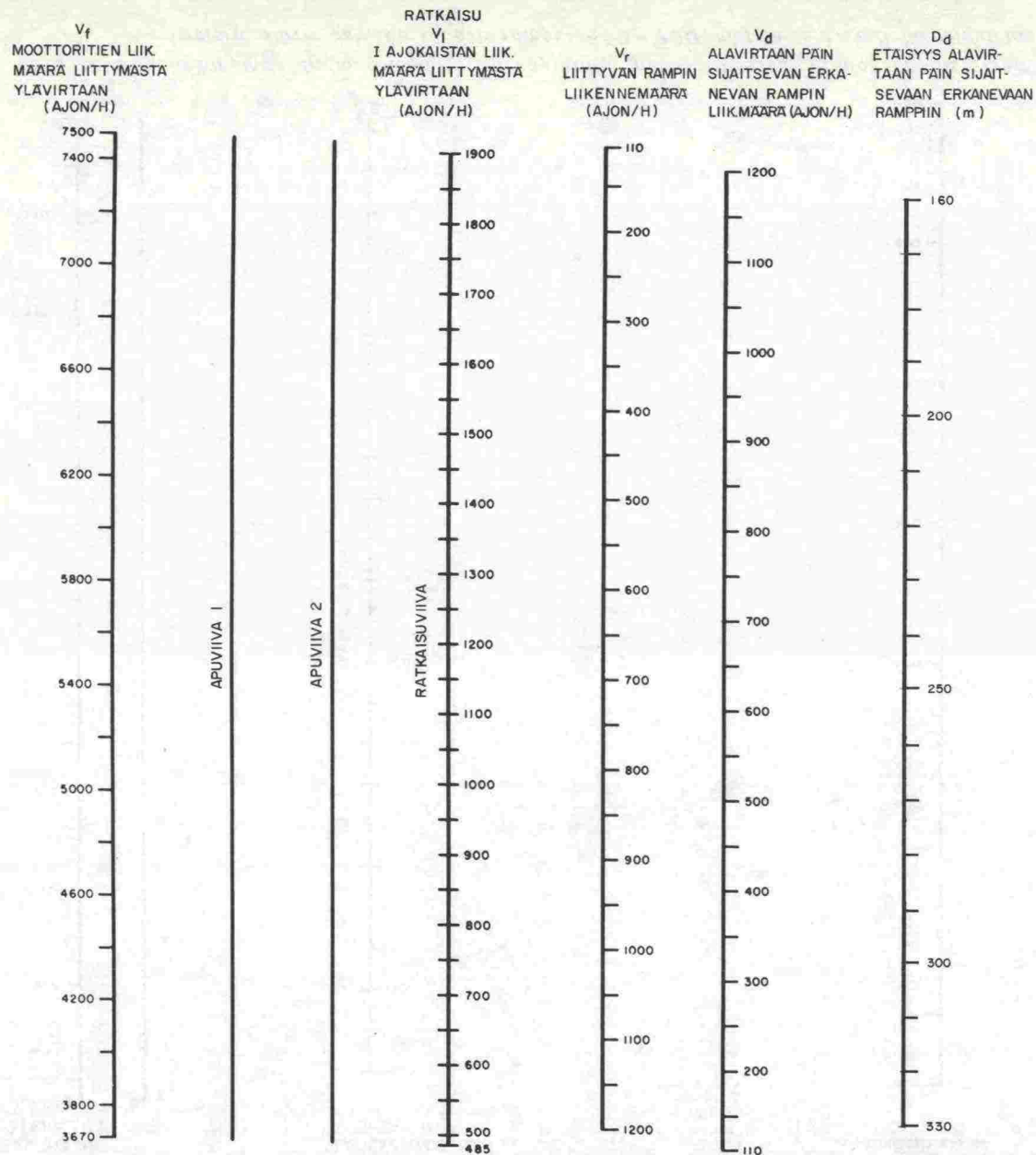
KÄYTTÖOLOSUHTEET

Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla ennenkuin liittyminen tapahtuu. Kiihdytyskaista saa olla rakennettu tai puuttua. Liittyvästä rampista alavirtaan on erkaneva ramppi 450 - 900 metrin etäisyydellä. Täten etäisyys tähän erkanevaan ramppiin D_d on yhtälön käytön edellytyksenä ja sen on oltava 450 - 900 m, vaikka se ei esiinny muuttujana yhtälössä (käytetään kuvaa 8.14, jos alavirtaan päin sijaitsevaan ramppiin on yli 900 m).

RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Viiva leikkaa apuviivan I.
- 2) Piirretään viiva I vaiheesta saadusta leikkauspisteestä arvoon V_d . Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste antaa arvon V_l .

Kuva 8.15 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kahdeksankaistaisen moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittyvästä rampista ylävirtaan (erkaneva ramppi 450 - 900 metrin etäisyydellä alavirtaan, ei lisäkaistaa).



KÄYTTÖOLOSUHTEET

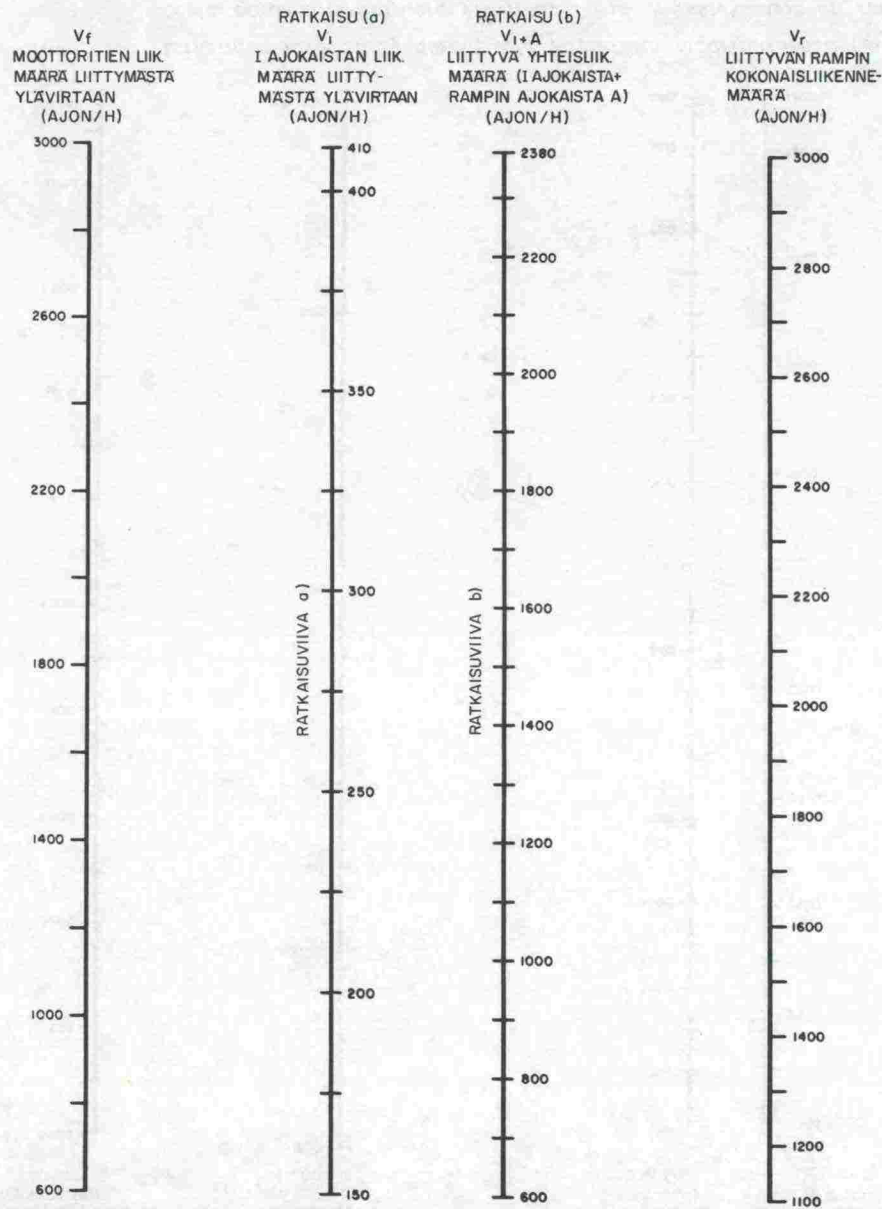
Kuvan avulla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittyvän rampin kärjen kohdalla tapauksessa, jossa on rakennettu lisäkaista seuraavaan erkanevaan ramppiin asti. Yhtälö on tarkoitettu pääasiassa käytettäväksi rombisissa tai vastaavissa liittymissä, vaikka sitä voidaan käyttää kahdeksankaistaisten moottoriteiden neliapilatyypin liittymien silmukkarampeissa.

Huom. Tulosta tulisi verrata kuvaan 8.20 sekä ottaa huomioon lisäkaistan käyttöä koskeva teksti sivulta 176, joiden perusteella tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan ja lisäkaistan liikennemäärät lisäkaistan eri pisteissä. Nämä liikennemäärät eivät saa olla korkeampia kuin kyseisen palvelutason välityskyky.

RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Viiva leikkaa apuviivan 1.
- 2) Piirretään I vaiheesta saadusta leikkauspisteestä viiva arvoon V_d . Tämä viiva leikkaa apuviivan 2.
- 3) Piirretään II vaiheesta saadusta apuviivalla 2 olevasta leikkauspisteestä viiva arvoon D_d . Tämän viivan ja ratkaisuviivan leikkauspiste antaa arvon V_1 .

Kuva 8.16 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittettäessä kahdeksankaistaisten moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää liittymisrampista ylävirtaan, kun ko. rampin ja seuraavan erkanevan rampin väliin on rakennettu lisäkaista.



KÄYTTÖOLOSUHTEET

Kuvan avulla määritetään ensimmäisen vaiheen liittyvä yhteisliikennemäärä (ensimmäinen ajokaista+rampin ajokaista A) sekä kaksikaistaisen liittyvän rampin liikennemäärän kaistajakautuma tapauksessa, jossa liittyvällä rampilla on vähintään 240 m pituinen kiihdytyskaista. Moottoritien ei ole rakennettu lisäkaistaa, joten rampin ajokaistaa A käyttävät ajoneuvot joutuvat liittymään suoraan ensimmäisen ajokaistan ajoneuvojen liikennevirtaan. Vaikka tällaista ratkaisua on toisinaan käytetty, sitä ei voida suositella muualla kuin hyvin erikoisilla liikennemääräjakautumilla.

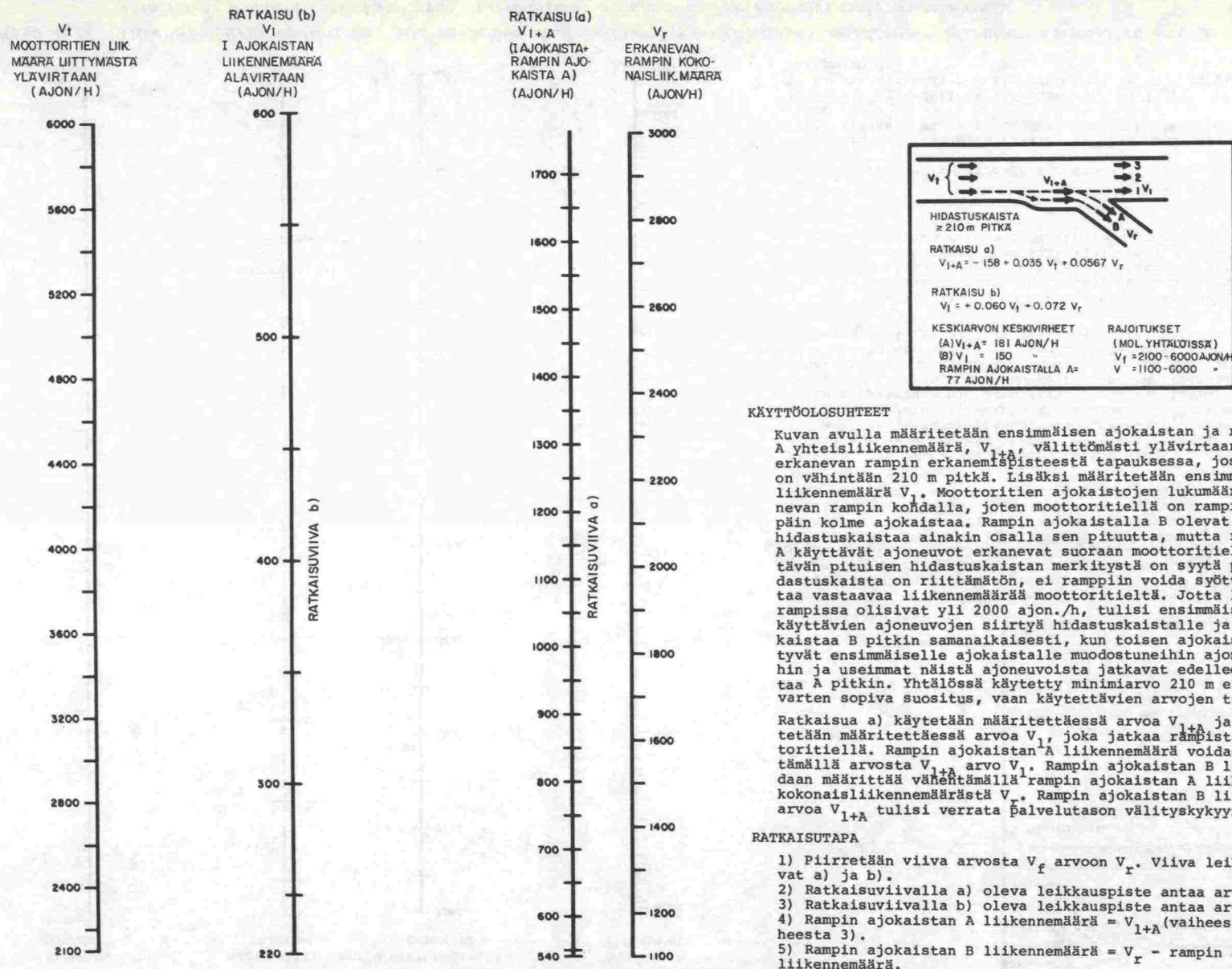
Ratkaisua a) käytetään määrittäessä arvoa V_1 liittyvän rampin kärjen kohdalla. Kun V_r on määritetty käytetään ratkaisua b), jolla lasketaan ensimmäinen liittyvä yhteisliikennemäärä V_{1+A} (ensimmäinen ajokaista+rampin ajokaista A). Rampin ajokaistan A liikennemäärä saadaan vähentämällä ratkaisussa a) saatu arvo V_1 ratkaisulla b) saadusta arvosta V_{1+A} . Rampin ajokaistan B liikennemäärä saadaan tämän jälkeen vähentämällä ajokaistan A liikennemäärä arvosta V_r , joka on rampin kokonaisliikennemäärä. Sekä arvoa V_{1+A} (ensimmäinen ajokaista+rampin ajokaista A) että rampin ajokaistan B liikennemäärää tulisi verrata palvelutason välityskykyyn.

Rampin ajokaistalla B olevat ajoneuvot käyttävät kiihdytyskaistaa ja joutuvat liittymään liikennevirtaan, jossa on osana jo toisiinsa liittyneet ensimmäisen ajokaistan ja ajokaistan A liikennevirrat. Jotkut näistä aikaisemmin liittyneistä ajoneuvoista ovat jo kuitenkin siirtyneet moottoritien muille ajokaistoille ennenkuin ajokaistan B ajoneuvot liittyvät liikennevirtaan.

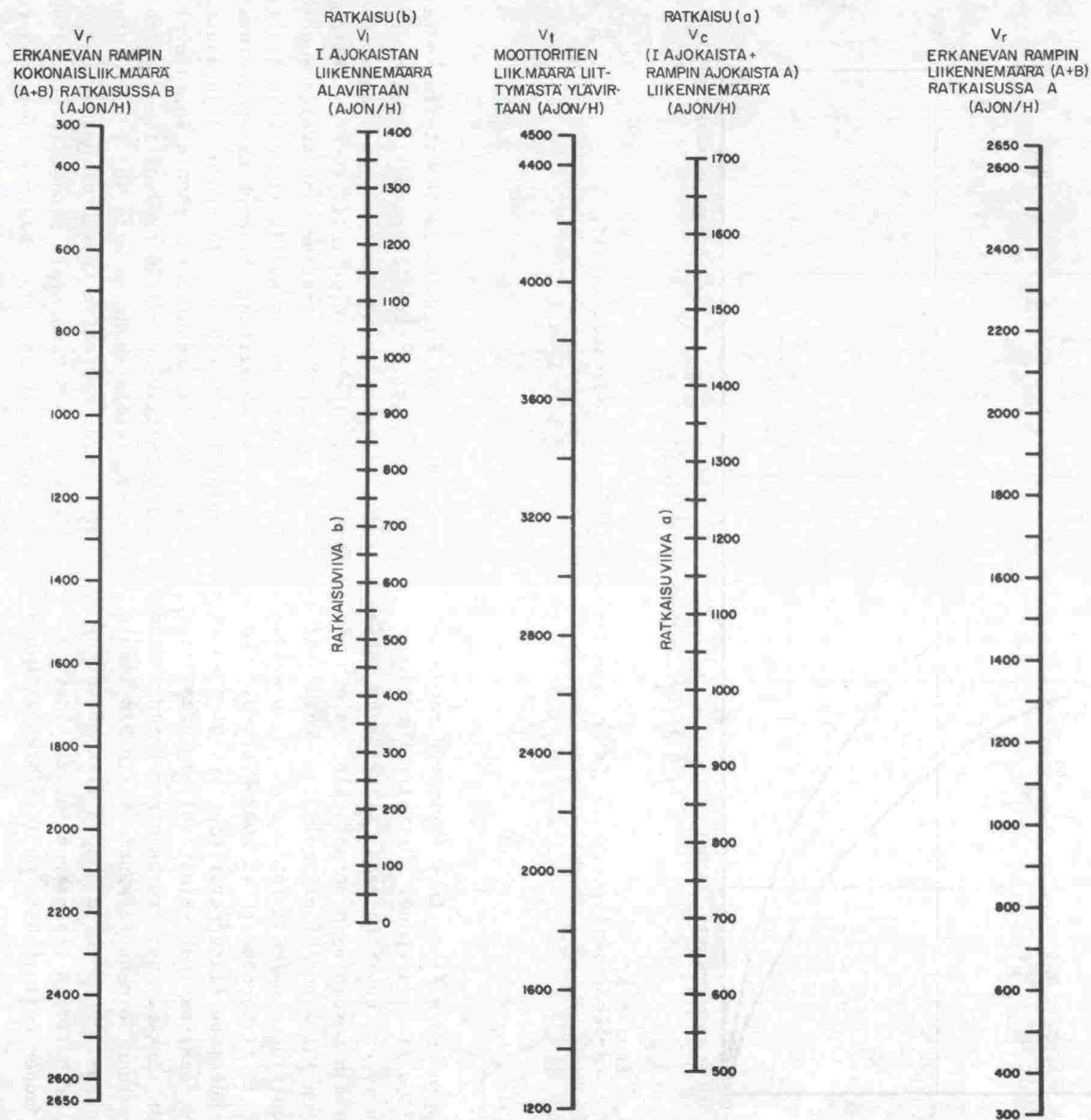
RATKAISUTAPA

- 1) Piirretään viiva arvosta V_f arvoon V_r . Viiva leikkaa ratkaisuviivat a) ja b).
- 2) I vaiheessa ratkaisuviivalla a) oleva leikkauspiste antaa arvon V_1 .
- 3) I vaiheessa saatu ratkaisuviivalla b) oleva leikkauspiste antaa arvon V_{1+A} .
- 4) Rampin ajokaistan A liikennemäärä on $V_{1+A} - V_1$.
- 5) Rampin ajokaistan B liikennemäärä on $V_r - V_{1+A}$ rampin ajokaistan A liikennemäärä.

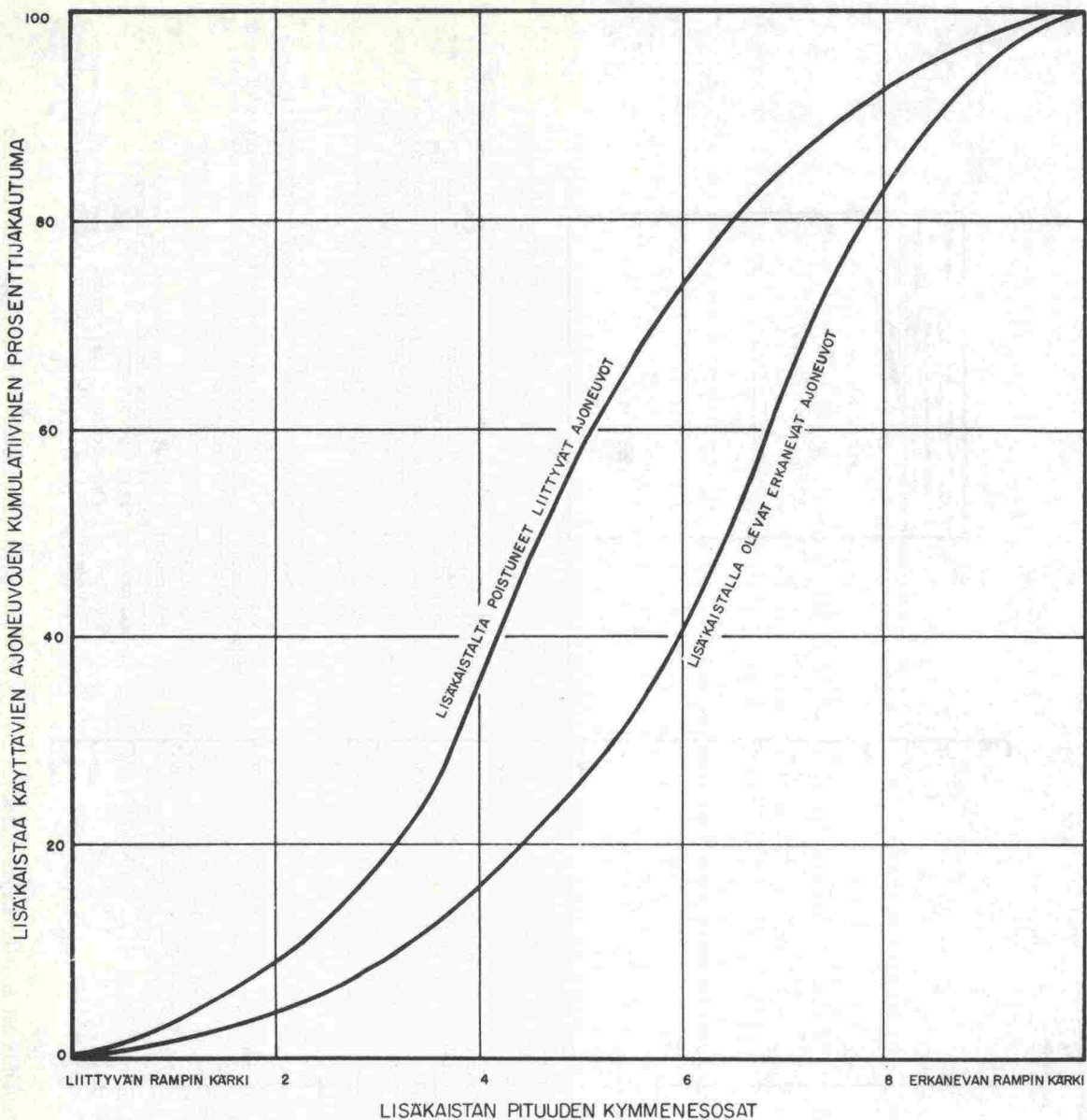
Kuva 8.17 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien liikenteen kaistajakautuma ja liittyvä yhteisliikennemäärä kaksikaistaisen liittymisrampin kohdalla, kun kiihdytyskaista on rakennettu.



Kuva 8.18 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien liikenteen kaistajakautuma kaksikaistaisesta erkanemisrampista ylävirtaan, kun hidastuskaista on rakennettu.



Kuva 8.19 Liikennemääränomogrammi, jota käytetään määrittäessä kuusikaistaisen moottoritien liikenteen kaistajakautuma moottoritien haarautuessa kahdeksi nelikaistaiseksi moottoritieksi.



Kuva 8.20

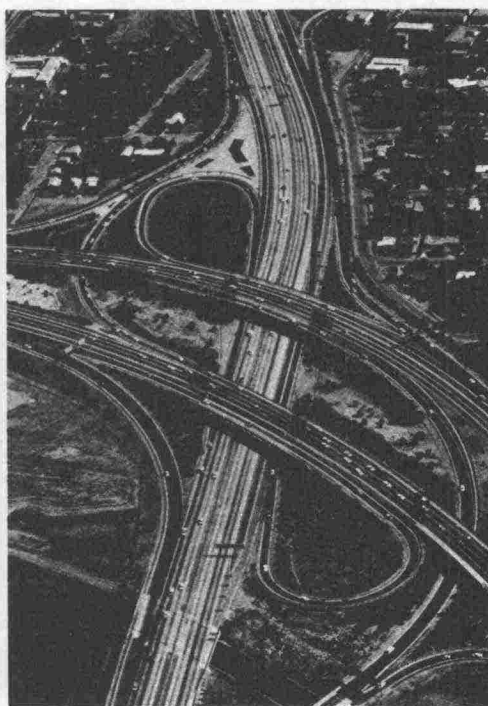
Peräkkäisten liittymis- ja erkanemisrampin välisen lisäkaistan käyttö.

vaa ramppia ennen ei esiinny liittyvää ramppia 960 m (3200 ft) lähempänä. Esitetty yhtälö on laadittu 19 eri puolilla maata sijaitsevan tarkkailupisteen havaintojen perusteella, ja sen keskivirhe on 131 ajon./h, eli noin 13 % kaikkien havaintokohteiden ensimmäisten ajokaistojen keskimääräisestä liikennemäärästä 1022 ajon./h. Kun otetaan huomioon liikennevirtojen verraten suuri vaihtelu, saattaa tämä yhtälö sellaisenaan olla riittävän tarkka. Kerätyn havaintomäärän laajuudesta johtuen voidaan tarkkuuta kuitenkin lisätä luokittelemalla erkanevan rampin liikennemäärät prosenttiryhmittäin laskettuna tarkasteltavaa rampia ennen esiintyvistä moottoritien liikennemäärästä.

Kuvassa 8.21 on em. tavalla luokitellut havainnot esitetty graafisesti. Seuraamalla vaakasuoria viivoja, jotka kuvaavat erkanavia yhteisliikennemääriä koskevia palvelutasojen välityskykyä, voidaan erkanevaa rampia käyttävien ajoneuvojen suurin sallittu prosenttiosuus moottoritien kokonaisliikennemäärästä määrittää. Esimerkiksi palvelutasolla C huipputuntikertoimen ollessa 0.83 ja moottoritien maksimiliikennemäärän 2500 ajon./h ovat kaikki rampin liikennemäärän prosenttiosuutta kuvaavat suorat, joilla osuus on alle 40 %, palvelutasoa C (HTK = 0.83) kuvaavan suoran alapuolella. Täten siis noin 40 % kokonaisliikennemäärästä (2500 ajon./h) eli noin 1000 erkanevaa ajoneuvoa voidaan välittää palvelutason C ylärajalla (HTK = 0.83)



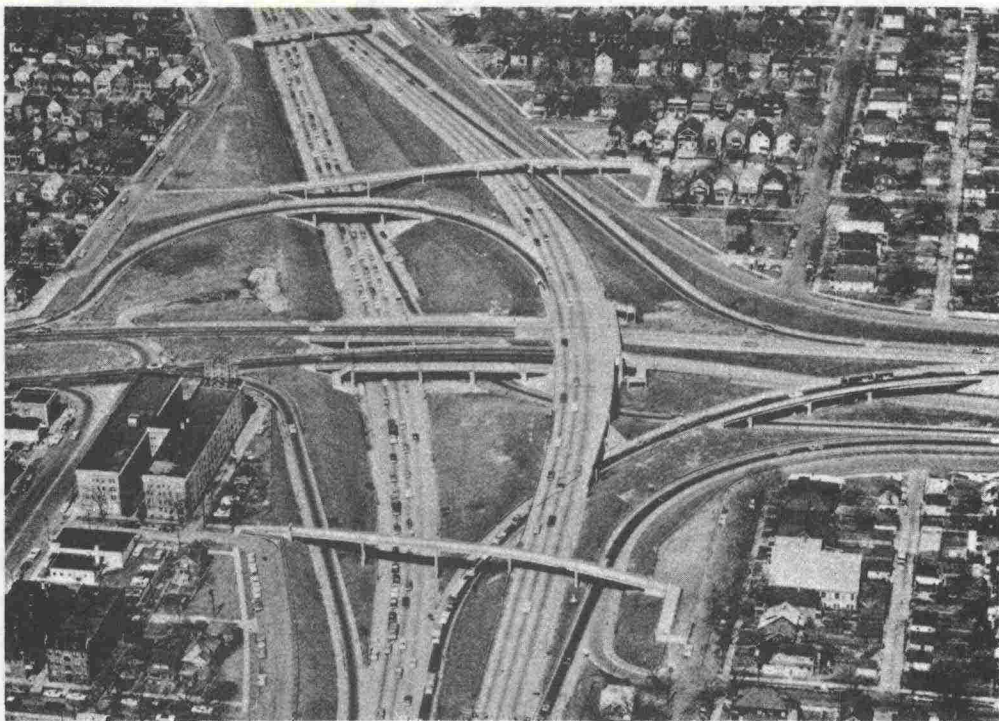
Kaupunkialueella sijaitseva moottoritie, joka liittyy yksisuuntaisiin rinnakkaisteihin pömbisellä liittymällä.



Eritasoliittymä, jossa on käytetty useita erilaisia ramppityyppejä.



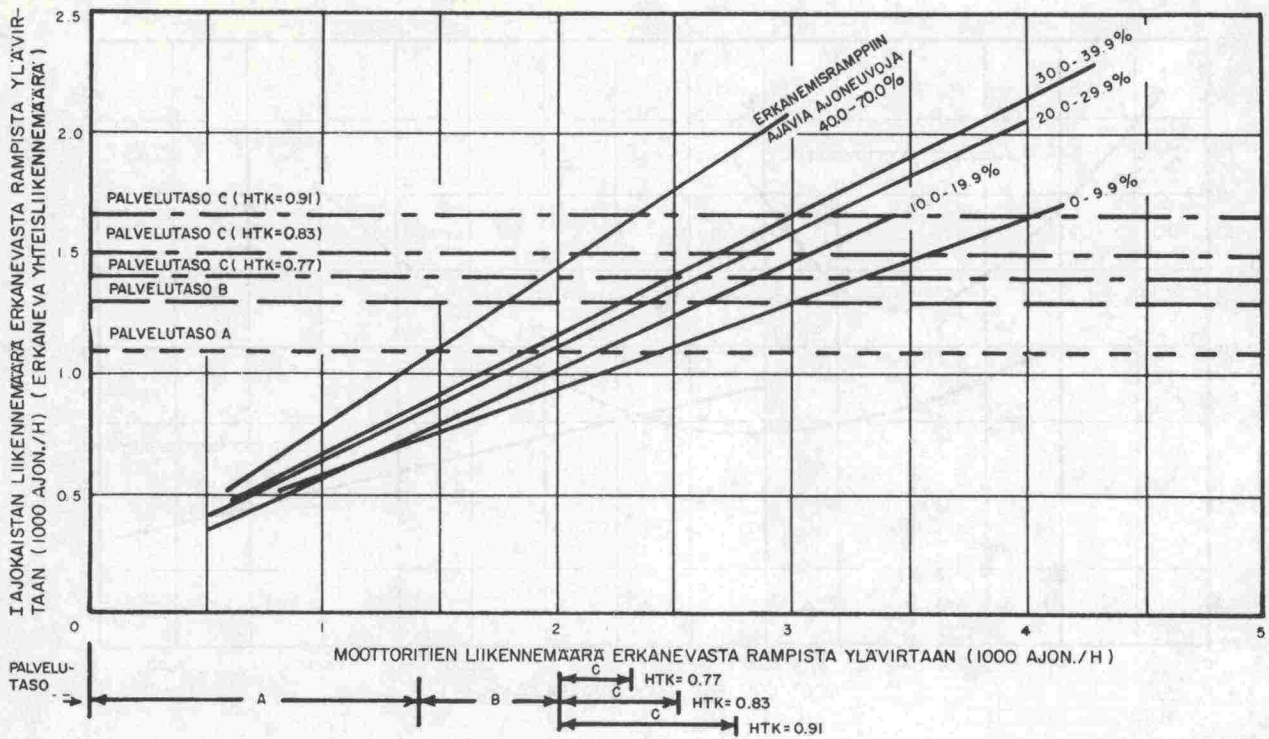
Lyhyin välimatkoin sijaitsevia erkanemis- ja liittymisramppeja liikokeskuksen läheisyydessä sijaitsevalla moottoritiellä. Liittyvät ja erkanevat liikennevirrat ovat hallitsevia, ja vasemmanpuolisten liittymäramppien ja oikeanpuolisten erkanemisramppien välillä esiintyy vain vähän sekoittumista.



Eritasoliittymä, jossa vasemmanpuolisten suorien ramppien lisäksi on käytetty oikeanpuolisia ulkorampeja.



Ramppien ratkaisuja tiheään asutulla kaupunkialueella.



Kuva 8.21

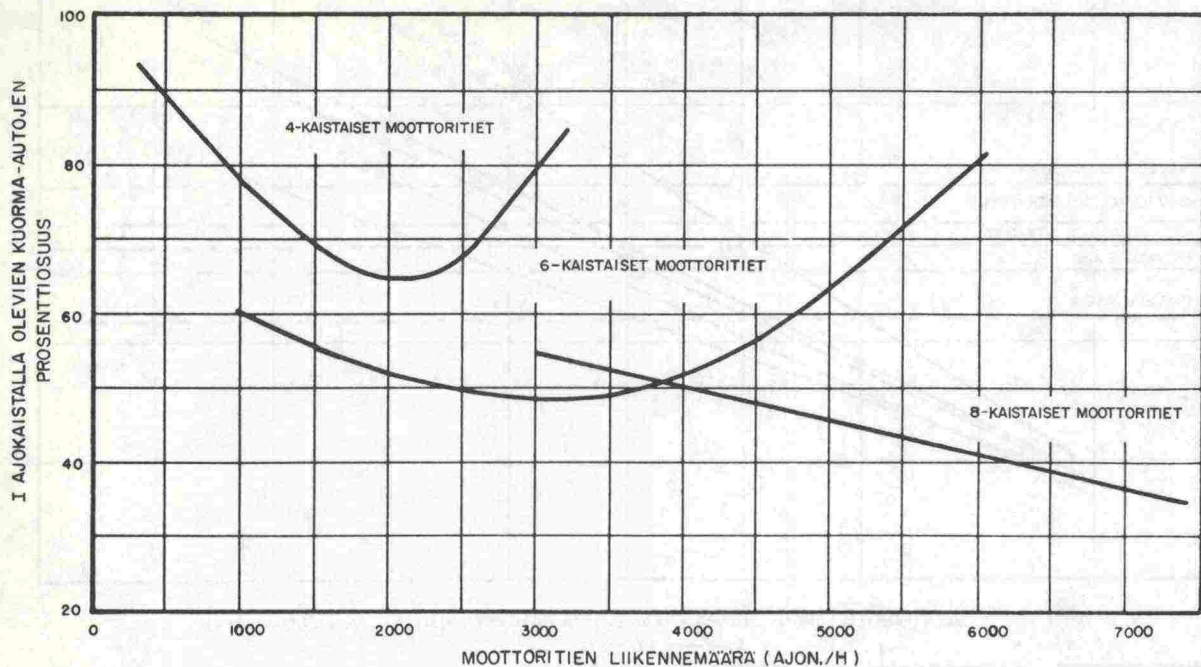
Erkanevasta rampista ylävirtaan esiintyvän ensimmäisen ajokaistan liikennemäärän riippuvuus moottoritieliikennemäärästä ja erkanemaan aikovien ajoneuvojen prosenttiosuudesta em. kokonaisliikennemäärästä nelikaistaisilla moottoriteillä (käytetään yhdessä kuvan 8.3 kanssa).

Ryhmitellyistä havainnoista laaditut usean muutujan regressioyhtälöt (2) osoittivat varsin selvästi, että ensimmäisen ajokaistan rampista ylävirtaan lasketun liikennemäärän ennustettavuus kasvaa rampia käyttävien ajoneuvojen osuuden kasvaessa. Toisin sanoen suorat, jotka vastaavat rampia käyttävien ajoneuvojen prosenttiosuuksia 0 - 9.9 % ja 10.0 - 19.9 %, ovat epätarkimpia ja näiden havaintojen osuus kuvassa 8.3 esitetyn yhtälön keskivirheestä (131 ajon./h) oli suurempi kuin korkeampia prosenttiosuuksia edustavien havaintojen. Tämä seikka on itse asiassa suunnittelijalle eduksi, koska juuri korkeammat erkanevan rampin liikennemäärät edellyttävät suurempaa suunnittelutarkkuutta.

Kuorma-autoista johtuva korjauskerroin - Edellä kuvatut laskentamenetelmät koskevat sekaliikennettä, jossa kuorma-autojen osuus on enintään 5 % kussakin liikennevirrassa ja maasto on suhteellisen tasaista. Tarkastelemalla luvussa 9 esitettyjä arvoja todetaan, että edellä kuvatuissa olosuhteissa kuorma-autoista johtuva korjauskerroin on 1.00, kun kuorma-autoja ei ole ollenkaan ja 0.91, kun kuorma-autojen osuus on 5 %. Koska lähtökohtana on pidetty kuorma-autojen 5 % osuutta, eikä tätä pienemmillä osuuksilla käytetä korjauskertoimia, sisältyy laskelmiin "varmuuskerroin", joka on $1/0.91 = 1.10$, jos kuorma-autoja ei ole ollenkaan.

Jos kuorma-autojen osuus on suurempi kuin 5 % josakin liikennevirrassa tai jos tarkasteltavassa kohteessa on huomattava nousu, tulisi kuorma-autoista johtuvaa korjauskerrointa soveltaa kyseiseen liikennevirtaan. Tämä korjaus voidaan suorittaa kuvan 8.22 avulla. Kuvassa on esitetty neli-, kuusi- ja kahdeksankaistaisen moottoriteiden ensimmäisellä ajokaistalla olevien kuorma-autojen käytännössä yleensä esiintyvät prosenttiosuudet eri liikennemääriillä. Täten voidaan määrittää liikennevirta V_1 :ssä esiintyvien kuorma-autojen lukumäärä ja prosenttiosuus, joiden perusteella henkilöautoekvivalentti ja kuorma-autoista johtuva korjauskerroin voidaan määrittää luvussa 9 esitettävillä menetelmillä. Kertomalla liikennemäärä V_1 kertoimella $(0.91/(\text{todellinen korjauskerroin}))$ saadaan liikennemäärä muunnettua laskelmien perusmenetelmässä käytetylle 5 prosentin kuorma-auto-osuutta vastaavalle tasolle. Samankaltaista menettelyä voidaan tarpeen vaatiessa soveltaa rampien liikennemääriin. Tällaisen menettelyn avulla voidaan taulukossa 8.1 esitettyjä arvoja edelleen käyttää vertailujen peruskriteereinä samalla tavoin kuin aikaisemmin on esitetty. Myöhemmin esitettävän laskuesimerkin 8.1 osassa 2 on tarpeelliset laskelmat esitetty havainnollisesti.

Huom. Edellä kuvattu menetelmä antaa vain likiarvoisia tuloksia, koska luvussa 9 esitettyjä korjauskertoimia ei laadittu erityisesti yhtä ajokaistaa varten.



Kuva 8.22

Neli-, kuusi- ja kahdeksankaistaisten moottoriteiden ensimmäisellä ajokaistalla olevien kuorma-autojen prosenttiosuus koko kuorma-autojen määrästä välittömästi liittymis- tai erkanemisrampin kärkeä ylvävirtaan.

Geometriset olosuhteet, joita yhtälöissä ja nomogrammeissa ei käsitellä

Kuten aikaisemmin todettiin, kuvissa 8.2 ... 8.19 esitetyt yhtälöt ja nomogrammit eivät kata kaikkia geometrisia olosuhteita, joita käytännössä esiintyy. Seuraavassa selvitetään, miten edellä kuvattuja menetelmiä tai muita laskentatapoja voidaan soveltaa olosuhteisiin, joita sellaisenaan ei ole käsitelty. Nämä olosuhteet voidaan jakaa seuraaviin yleisiin ryhmiin: 1) vasemmanpuoleiset rampit, 2) tietyn tyyppiset sekä liittyvät että erkanevat oikeanpuoleiset yksikaistaiset rampit, 3) tietyn tyyppiset kaksikaistaiset liittyvät rampit ja 4) erityisratkaisut, joita on toisinaan käytettävä epätavallisissa liikenteellisissä tai topografisissa olosuhteissa. Näitä geometrialtaan poikkeuksellisia ratkaisuja sekä tapauksia, joissa esiintyy sellaisia muuttujien arvoja, jotka ovat nomogrammien ulkopuolella, voidaan käsitellä useilla vaihtoehtoisilla tavoilla. Seuraavassa esitetään tällaisia mahdollisia menetelmiä sekä kuvataan olosuhteet, joihin kukin menetelmä parhaiten sopii. Mahdollisuuksien mukaan nämä sovellutukset on myös sisällytetty menettelytapaluetteloon (taulukko 8.2).

Esitettyjen nomogrammien (yhtälöiden) ekstrapolointi. - Tapauksissa, joissa yhden tai useamman muuttujan arvot ovat jonkin verran nomogrammissa esitettyjä arvoja suurempia tai pienempiä, harkiten suoritettu ekstrapolointi on usein hyväksyttävissä. Esimerkiksi jossakin suunnitelmassa voi olla 780 m (2600 ft) pitkä lisäkaista, kun vastaa-

vassa nomogrammissa (yhtälössä) lisäkaistan pituuden ylärajana on 420 m (1400 ft). (Tämä yläraja perustuu pääasiassa käytettävissä olleiden havaintojen kattamaan alueeseen). Yhtälöä voidaan käyttää, jos ekstrapoloitavan muuttujan vaikutus tunnetuissa olosuhteissa saatuihin kokonaistuloksiin osoittaa menettelyn järkeväksi. Jossakin tapauksessa voitaisiin esimerkiksi todeta, että lisäkaistan piteneminen tasoittaa sen vaikutusta, minkä perusteella yhtälössä olisi käytettävä pienempää arvoa kuin täyttä pituutta vastaavaa 780 m. Jossakin toisessa tapauksessa ekstrapoloinnin saatetaan todeta antavan epäuskottavia tuloksia, jolloin ekstrapolointia ei pitäisi suorittaa.

Verraten samankaltaista tapausta varten laaditun yhtälön käyttö. - Tämä on usein asianmukainen menetelmä, koska useissa geometrisissa olosuhteissa, joista ei ole riittävästi tietoja ko. tapausta koskevaa selvitystä varten, liittymä näyttää toimivan varsin samalla tavalla kuin samankaltaiset ratkaisut, joista tietoja on käytettävissä. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää kuvaa, joka vastaa tunnettua tapausta.

Tärkeimmät tällaiset tapaukset ovat:

- Nelikaistaisen moottoritien yksikaistainen liittyvä ramppi, jota edeltää erkaneva ramppi. Käytetään kuvaa 8.2.
- Nelikaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva silmukkaramppi neliapilaliittymässä (ei lisäkaistaa). Käytetään kuvaa 8.4.

- c) Nelikaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva silmukkaramppi neliapilaliittymässä, jossa on lisäkaista. Käytetään kuvaa 8.6 yhdessä kuvan 8.20 kanssa.
- d) Nelikaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva ramppi rombisessa liittymässä, jossa on lisäkaista. Käytetään kuvaa 8.7 yhdessä kuvan 8.20 kanssa.
- e) Nelikaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset liittyvät rampit. Ensimmäisessä rampissa käytetään kuvaa 8.2 ja toisessa rampissa kuvaa 8.8 tai kuvaa 8.2.
- f) Kuusikaistaisen moottoritien yksikaistainen liittyvä ramppi, jota edeltää liittyvä ramppi. Käytetään kuvaa 8.13, jos edeltävä liittyvä ramppi on annettujen etäisyysrajojen sisäpuolella. Muussa tapauksessa käytetään kuvaa 8.9.
- g) Kuusikaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva silmukkaramppi neliapilaliittymässä, jossa on lisäkaista. Käytetään kuvaa 8.11 yhdessä kuvan 8.20 kanssa.
- h) Kuusikaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva ramppi rombisessa liittymässä, jossa on lisäkaista. Käytetään kuvaa 8.12 yhdessä kuvan 8.20 kanssa.
- i) Kuusikaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset liittyvät rampit. Ensimmäisessä rampissa käytetään kuvaa 8.9 ja toisessa rampissa kuvaa 8.13.
- j) Kahdeksankaistaisen moottoritien yksikaistainen liittyvä ramppi, jota edeltää erkaneva ramppi. Käytetään kuvaa 8.14 tai 8.15.
- k) Kahdeksankaistaisen moottoritien yksikaistainen liittyvä silmukkaramppi neliapilaliittymässä, jossa on lisäkaista. Käytetään kuvaa 8.16.

Palvelutasoja D ja E koskevien laskentamenetelmien soveltaminen (Menetelmät esitetään myöhemmin) -

Vaikka taulukko 8.3 ja kuva 8.24 on laadittu palvelutasolla D esiintyviä edellisiä korkeampia liikennemääriä varten, voidaan niitä käyttää likiarvotuloksien saamiseksi palvelutasoilla B ja C, ellei muita menetelmiä ole käytettävissä. Taulukkoa ja kuvaa voidaan käyttää joko yksinään tai yhdessä palvelutasoja B ja C vastaavien yhtälöiden kanssa.

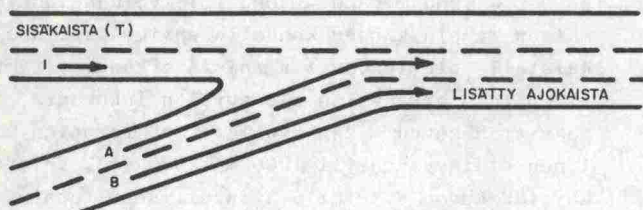
- a) Nelikaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset erkanevat rampit. - Ensimmäisessä (ylävirrasta päin katsottuna) erkanevassa rampissa kriittinen tarkistettava piste on ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä välittömästi ramppia ennen, koska jotkut vasta toista ramppia pitkin erkanevat ajoneuvot ovat jo ensimmäisellä ajokaistalla ensimmäisen erkanevan rampin kohdalla. Voidaan käyttää kuvia 8.3 tai 8.4, mutta erkanevan rampin liikennemääränä V_r tulisi käyttää molempien erkanevien ramppien yhteenlaskettua liikennemäärää, jos rampit ovat lähekkäin (ramppien kärkien ero enintään 240 m (800 ft)). Jos ramppien välinen etäisyys

on 240 - 1200 m (800 - 4000 ft), voidaan ensimmäisen rampin kärjen kohdalla ensimmäisellä ajokaistalla olevien, mutta toista erkanevaa rampia pitkin erkanevien ajoneuvojen lukumäärä määrittää kuvan 8.24b avulla. Jos ramppien välinen etäisyys on yli 1200 m (4000 ft), voidaan käyttää kuvaa 8.3 tai 8.4 tavalliseen tapaan. Toisen rampin käsittelyssä käytetään kuvaa 8.3 sellaisenaan.

- b) Kuusikaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset erkanevat rampit. - Ensimmäinen ramppi käsitellään samalla tavalla kuin edellä a-kohdassa nelikaistaisen moottoritien tapauksessa, mutta käytetään kuvaa 8.10 tarpeen vaatiessa kuvan 8.24b kanssa. Toinen ramppi käsitellään kuvan 8.10 mukaan sellaisenaan.
- c) Kahdeksankaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva ramppi. - Palvelutasoa D vastaavat menetelmät, eli siis taulukko 8.3 ja kuva 8.24b, antavat likimääräisen ratkaisun.
- d) Kahdeksankaistaisen moottoritien yksikaistainen erkaneva silmukkaramppi neliapilaliittymässä, jossa on lisäkaista. - Palvelutasoa D vastaavat menetelmät, eli siis taulukko 8.3 ja kuva 8.24b, antavat likimääräisen ratkaisun.
- e) Kahdeksankaistaisen moottoritien erkaneva yksikaistainen ramppi rombisessa liittymässä, jossa on lisäkaista. - Palvelutasoa D vastaavat menetelmät, eli siis taulukko 8.3 ja kuva 8.24b, antavat likimääräisen ratkaisun.
- f) Kahdeksankaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset liittyvät rampit. - Palvelutasoa D vastaavat menetelmät, eli siis taulukko 8.3 ja kuva 8.24b, antavat likimääräisen ratkaisun. Jos ylävirtaan sijaitsevan liittyvän rampin liikennemäärä on verraten alhainen (alle 600 ajon./h), voidaan käyttää kuvia 8.14 tai 8.15.
- g) Kahdeksankaistaisen moottoritien peräkkäiset yksikaistaiset erkanevat rampit. - Palvelutasoa D vastaavat menetelmät, eli siis taulukko 8.3 ja kuva 8.24b, antavat likimääräisen ratkaisun.

Taulukossa 8.1 esitettyjen yleisten liittymis- ja erkanemisarvojen käyttö

- a) Moottoritiehen on lisätty ajokaista yksikaistaisen liittyvän rampin jälkeen tai moottoritietä on poistettu ajokaista yksikaistaisen erkanevan rampin jälkeen. - Taulukossa 8.1 esitettyjä liittyvien ja erkanevien yhteisliikennemäärien perusarvoja voidaan käyttää ramppien liikennemäärien maksimiarvoina.
- b) Raskaasti liikennöidyt kaksikaistaiset liittyvät rampit ja niitä korvaavat ratkaisut. - Tällaisia tapauksia voi esiintyä ainakin neljää seuraavaa perustyyppiä:

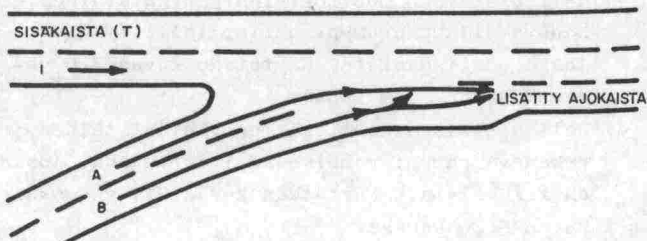


Tapaus I - Tässä tapauksessa moottoritielelle on lisätty ajokaista, jolle on suora pääsy rampin ulommalta ajokaistalta (ajokaista B). Rampin sisemmän ajokaistan (ajokaista A) liikenteen täytyy liittyä joko moottoritien ensimmäisen ajokaistan tai rampin ajokaistan B liikenteeseen. Tällaisen tapauksen toimintaa koskevia tutkimustuloksia ei ole vielä käytettävissä, joten joudutaan käyttämään likiarvoja. Tällainen ratkaisu vastaa likimäärin kahden päätien haarautumaa.

Esitettyssä laskentamenetelmässä oletetaan, että rampin ajokaista B, joka jatkuu moottoritien lisätynä ajokaistana, välittää suurimman osan liikenteestä. Tälle ajokaistalle osoitetun liikennemäärän tulisi olla samansuuruinen kuin taulukossa 8.1 esitetty tarkistuskohdan liittyvä yhteisliikennemäärä. Loput rampin liikennemäärästä osoitetaan rampin ajokaistalle A, ja tämä määrä joutuu liittymään moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikenteeseen. Riippuen siitä, onko moottoritielellä liittymiskohdasta ylävirtaan kaksi, kolme tai neljä ajokaistaa voidaan ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä laskea joko kuvan 8.2, 8.9 tai 8.14 avulla. Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärää laskettaessa käytetään liittyvän rampin liikennemääränä ajokaistan A liikennemäärää.

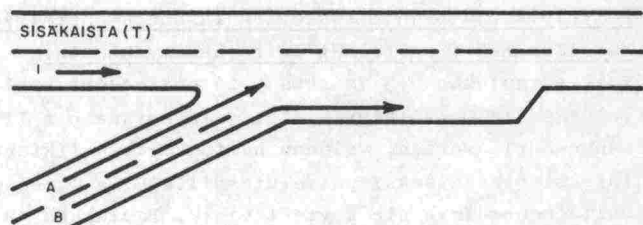
Jos suunnitelmassa on käytetty esimerkiksi palvelutasoa C, jota vastaava huipputuntikerroin on 0.83, ja jos rampin kokonaisliikennemäärä on 1900 ajon./h, osoitetaan 1400 ajon./h rampin ajokaistalle B, jolloin ajokaistaa A käyttää 500 ajon./h, jotka joutuvat liittymään moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikennemäärään. Jos moottoritien liikennemäärä on 2000 ajon./h, saadaan kuvan 8.2 perusteella suureen V_f arvoksi 2000 ajon./h ja suureen V_r arvoksi 500 ajon./h. Laskettuun liikennemäärään V_1 lisätään rampin ajokaistan A liikennemäärä, ja summaa verrataan taulukosta 8.1 saatavaan tarkistuskohdan liittyvän yhteisliikennemäärän arvoon 1400 ajon./h (palvelutaso C, HTK = 0.83).

Liittymästä alavirtaan esiintyvää kokonaisliikennemäärää 3900 ajon./h verrataan samalla tavalla sallittuun liikennemäärään 4000 ajon./h, joka annetuissa olosuhteissa saadaan taulukosta 8.1.

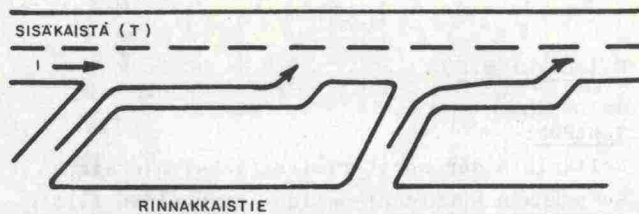


Tapaus II. - Myös tässä ratkaisussa on moottoritiehen lisätty ajokaista, mutta rampin sisempi ajokaista (ajokaista A) on johdettu suoraan lisätylle moottoritiekaistalle ja rampin ulompaa ajokaistaa (ajokaista B) käyttävän liikennemäärän oletetaan liittyvän ajokaistan A liikennemäärään, joka käyttää lisättyä moottoritiekaistaa. Tällaista tapausta koskevia tutkimustuloksia ei ole käytettävissä.

Esitetyn kaltaista tapausta koskevaa yleistä laskentamenetelmää ei voida esittää, koska ajoratamerkinnät saattavat vaikuttaa ramppia käyttävien ajajien käyttäytymiseen. Ei myöskään tiedetä, kuinka moni rampin ajokaistaa A pitkin ajavista ajoneuvoista siirtyy viereiselle vasemmalle ajokaistalle rampin ajokaistaa B pitkin ajavien ajoneuvojen pyrkiessä liittymään lisätyn moottoritiekaistan liikenteeseen. Suunnittelijan tulisi tarkistaa ainakin kaikkien moottoritiekaistojen kokonaisliikennemäärä liittymäkohdasta alavirtaan samalla tavoin kuin tapauksessa I.



Tapaus III. - Tässä ratkaisussa ei moottoritielelle ole lisätty ajokaistaa, vaan sensijaan on käytetty pitkää kiihdytyskaistaa tai moottoritien ajokaistojen lukumäärä muuten vähennee 600 - 900 metrin (2000 - 3000 ft) etäisyydellä liittymäkohdasta. Ratkaisua käytetään pääasiassa sellaisissa harvoissa tapauksissa, joissa moottoritien liikennemäärät ennen liittymäkohtaa ovat pysyvästi alhaisia. Kuusikais- tai seitsemäkaiselle moottoritielelle saadaan likimääräisiä tuloksia käyttämällä kuvaa 8.17, mutta nelikaistaisia ja kahdeksankaistaisia moottoriteitä koskevat tutkimustulokset puuttuvat kokonaan.



Tapaus IV - Tässä ratkaisussa raskaasti kuormitetun liittyvän rampin liikennemäärä on jaettu kahdelle lähekkäin sijaitsevalle erilliselle rampille. Ratkaisu edellyttää rinnakaistietä tai moottoritiehen liittyvää katujärjestelmää. Nelikaistaisen moottoritien tapauksessa voidaan käyttää kuvaa 8.8, kuusikaistaiselle moottoritielelle kuvaa 8.13 ja kahdeksankaistaiselle moottoritielelle kuvia 8.23 ja 8.24.

Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärän yleisten määrittämisperusteiden käyttö (esitetty liitteessä D ja muussa kirjallisuudessa). - Liikenteen kaistajakautumasta on laadittu useita erilaisia kuvaajia. Liitteessä D esitetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärät ainoastaan moottoritien kokonaisliikennemäärän funktiona. Näitä käyriä voidaan käyttää yleisissä likiarvolaskelmissa.

Alan kirjallisuuden käyttö. - Kirjallisuusluettelossa on esitetty useita tutkimuksia, joita voidaan käyttää tämän aihepiirin ongelmien selvittämisessä, minkä lisäksi niistä saattaa löytää joidenkin epätavallisten erikoistapausten täydellisiä ratkaisuja.

Vasemmanpuoleisia rampeja koskevia ongelmia, joita varten ei tätä lukua laadittaessa ollut käytettävissä yleisiä laskentamenetelmiä, käsitellään kahdessa tutkimuksessa (9, 10), joissa on tutkittu laajasti useiden erilaisten vasemmanpuoleisten liittyvien ja erkanevien ramppien toiminnallisia ominaisuuksia (mm. liikennemäärän jakautumaa sekä ramppien liittyvän ja erkanevan liikenteen välityskykyä).

Kuten aikaisemmin mainittiin, oli kirjan laatimisvaiheessa käytettävissä verraten vähän tuloksia kaksikaistaisista rampeista. Kuvissa 8.17 ja 8.18 käsitellään eräitä kuusikaistaisen moottoriteiden kaksikaistaisia liittyviä ja erkanevia ramppiratkaisuja, ja kuvassa 8.19 on käsitelty haarautumia, mutta muunlaisia kaksikaistaisia rampeja koskevia tutkimustuloksia ei juuri ole käytettävissä. Tässä kirjassa esitettyjen tietojen täydentämiseksi olisi säännöllisesti tutustuttava ilmestyneeseen kirjallisuuteen.

Paikalliset kenttätutkimukset. - Joissakin tapauksissa paikalliset tutkimuskohteessa tehtävät kenttätutkimukset saattavat osoittautua käytännöllisimmäksi menetelmäksi olemassa olevien moottoriteiden toiminnallisten piirteiden selvittämisessä sekä määrittäessä suunnittelussa tar-

vittavia kuvaajia tai ajokaistojen likimääräisiä liikennemääriä.

Tietokoneella suoritettavat simuloinnit. - Tietokoneen käyttö moottoritien liikennevirran simuloinnissa ja suunnitteluratkaisujen laatiminen tai vaihtoehtoisten ratkaisujen arvosteleminen simuloinnin perusteella ovat ohjelmien kehittyessä muodostumassa yhä käytännöllisemmäksi ja käyttökelpoisemmaksi suunnittelun apuvälineeksi.

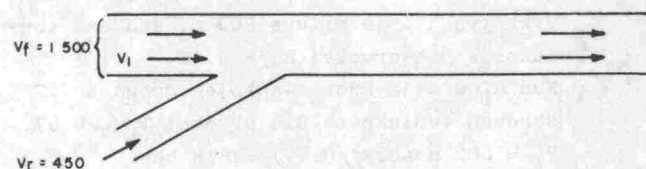
Joitakin erikoisia tai harvoin käytettyjä rampipiliittymäratkaisuja jää käsittelemättä tässä yhteydessä, koska niitä varten ei voida esittää yleisiä laskentaperusteita tutkimustulosten puutteellisuudesta johtuen. Tällaisia ovat mm. ratkaisut, jotka on erityisesti sovitettu tiettyihin maasto-olosuhteisiin tai paikallisiin rakenteisiin, haarautumat sekä tapaukset, joissa käytetyt kaistalukumäärät vaihtelevat. Tällaisissa tapauksissa voidaan vain suositella käytettäväksi kokemukseen perustuvaa harkintaa yhdessä paikallisten tutkimusten ja edellä mainittujen tietokonesovellutusten kanssa.

Esimerkkiratkaisuja - rampipiliittymät (palvelutasoja A-C koskeva menetelmä)

Esimerkki 8.1

Tehtävä:

Keskisuudessa kaupungissa sijaitsevan nelikaistaisen moottoritien (kaksi kaistaa kumpaankin suuntaan) yksinkertainen liittyvä ramppi. Huippuuntikertoimena on todettu voitavan käyttää arvoa 0.85. Liikennemäärät ovat kuvan mukaisia. Geometrisia olosuhteita voidaan pitää ihanteellisina.



On määritettävä 1) liittymässä esiintyvä palvelutaso, kun liikennevirrassa ei ole kuorma-autoja eikä kohteessa pituuskaltevuuksia ja 2) palvelutaso tapauksessa, kun liittymä sijaitsee 800 m:n päässä moottoritielellä olevan 3 prosentin nousun alusta, moottoritien liikennevirrassa kuorma-autojen osuus on 10 %. Rampissa on 400 metrin pituinen 4 prosentin nousu ja sen liikennevirrassa kuorma-autojen osuus on 4 %.

Ratkaisu:

1) Palvelutaso ilman kuorma-autoja tai nousuja. Voidaan käyttää kuvaa 8.2. Sekä yhtälön että

nomogrammin käyttötapa esitetään seuraavassa.

a) Yhtälöä käyttämällä:

$$V_1 = 136 + 0.345V_f - 0.115V_r = 136 + 0.345 \times 1500 - 0.115 \times 450 = 602 \text{ ajon./h}$$

$$\text{Liittyvä kokonaisliikennemäärä} = V_1 + V_r = 602 + 450 = 1052 \text{ ajon./h}$$

Taulukosta 8.1 saadaan huipputuntikertoimen arvolla 0.83 tulokseksi palvelutaso B tällä liikennemäärällä.

b) Nomogrammia käyttämällä:

Etsitään V_f -asteikolta kohta 1500.

Piirretään viiva V_r -asteikon pisteeseen 450.

Ratkaisusuoran kanssa muodostuva leikkauspiste osoittaa arvon V_1 , joka on noin 600 ajon./h.

Ratkaisun loppuosa on samanlainen kuin a)-kohdassa.

2) Palvelutaso, jos kuorma-autojen osuus on huomattava ja liittymäkohdassa on nousua.

Ramppiliittymä sijaitsee moottoritieellä 3 prosentin nousussa 800 m nousun alusta ja rampissa on 400 m pitkä 4 prosentin nousu.

Kuorma-autojen määrä: 10 % moottoritien ja 4 % rampin liikennevirrasta. Laskenta suoritetaan edellä esitetyllä tavalla käyttäen yhtälöitä ja nomogrammeja, eikä siinä vaiheessa kuorma-autoihin vielä kiinnitetä huomiota. Liikennemäärä V_1 muunnetaan tasaisessa maastossa 5 prosentin kuorma-autojen osuutta vastaavaksi arvoksi:

Kuvasta 8.22 saadaan nelikaistaisella moottoritieellä liikennemäärän ollessa 1500 ajon./h tulokseksi, että 70 % kuorma-autoista on ensimmäisellä ajokaistalla, eli $1500 \times 0.10 \times 0.70 = 105$ kuorma-autoa liikennemäärässä V_1

$$\text{Kuorma-autoja (5)} = \frac{\text{Kuorma-autoja } V_1\text{:ssä}}{V_1} = \frac{105/602}{1} = n. 17 \%$$

Kun kuorma-autojen osuus on 17 %, nousun jyrkkyys 3 % ja pituus 800 m, saadaan taulukosta 9.4 arvoksi $E_T = 4$.

Kun $E_T = 4$ ja kuorma-autojen osuus on 17 %, saadaan taulukosta 9.6 arvoksi $T_L = 0.67$.

$$V_1 = 602 \times (0.91/0.67) = 818 \text{ hay}$$

Muunnetaan liikennemäärät V_r tasaisessa maastossa kuorma-autojen 5 prosentin osuutta vastaavaksi:

Kuorma-autojen osuuden ollessa 4 %, nousun jyrkkyuden 4 % ja pituuden 400 m, saadaan taulukosta 9.4 arvoksi $E_T = 10$.

Kun $E_T = 10$ ja kuorma-autojen osuus 4 %, saadaan taulukosta 9.6 arvoksi $T_L = 0.74$.

$$V_r = 450 \times (0.91/0.74) = 553 \text{ hay}$$

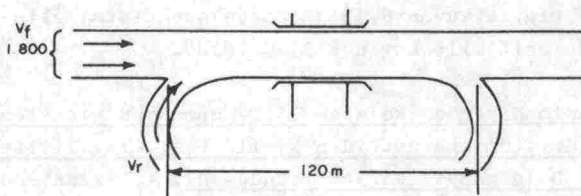
Liittyvä yhteisliikennemäärä on $818 + 553 = 1371$ hay.

Taulukon 8.1 perusteella saadaan palvelutaloksi C, kun yhteisliikennemäärä on välillä 1200 - 1400 hay ja $HTK = 0.83$.

Esimerkki 8.2

Tehtävä:

Nelikaistaisen moottoritien (kaksi ajokaistaa kumpaankin suuntaan) neliapilatyypin liittyvän silmukoiden välinen etäisyys on 120 m (400 ft). Moottoritien kokonaisliikennemäärä ennen liittymää on 1800 ajon./h. Jos liittymiskohdassa halutaan säilyttää palvelutaso B, niin mikä on korkein liikennemäärä, jonka liittyvä ramppi voi välittää? Geometriset ominaisuudet ovat tyydyttävät.



Ratkaisu:

Käytetään kuvaa 8.5. Seuraavassa on esitetty yhtälön käyttö. Liikennemäärästä V_r riippuen voidaan valita erilaiset ratkaisutavat.

Jos oletetaan, että V_r tulisi olemaan alle 600 ajon./h, käytetään a)-kohdan ratkaisua.

$$V_1 = 166 + 0.280V_f = 166 + 0.280 \times 1800 = 670 \text{ ajon./h}$$

Taulukon 8.1 perusteella on palvelutasolla B hyväksyttävä liittyvä yhteisliikennemäärä 1200 ajon./h.

$$V_r = \text{hyväksyttävä liikennemäärä} - V_1 = 1200 - 670 = 530 \text{ ajon./h}$$

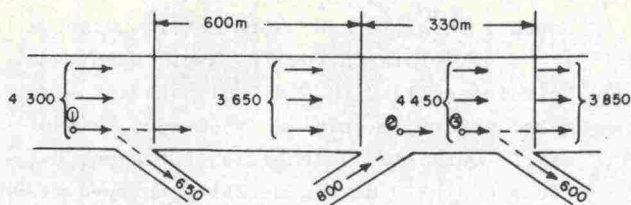
Liittyvä ramppi voi välittää 530 ajon./h. (Koska tulos oli alle 600 ajon./h, oli ratkaisutavasta alussa tehty olettaus oikea. Jos tulos olisi ollut yli 600 ajon./h, olisi laskelma täytynyt suorittaa uudestaan käyttämällä b)-kohdassa esitettyä yhtälöä, jolla liikennemäärä V_r saadaan suoraan).

Huom: Liittymästä alavirtaan moottoritien toiminta tapahtuu palvelutasolla C, koska liikennemäärä on suurempi kuin 2000 ajon./h.

Esimerkki 8.3

Tehtävä:

Suuressa kaupungissa, jossa huipputuntikerroin on 0.91, on kuusikaistaisen moottoritien eräällä tieosalla kolme peräkkäistä rampiliittymää, joista ensimmäinen on erkaneva ramppi, seuraava liittyvä ramppi ja seuraava erkaneva ramppi. Liikennemäärät ja geometrinen ratkaisu on osoitettu kuvassa. Kuorma-autojen osuus on alle 5 % ja tieosa on lähes tasainen. Pyritään palvelutasoon C.



On määritettävä 1) saavutetaanko palvelutaso C osoitetuilla liikennemäärillä numeroiduissa ja ympyrällä osoitetuissa tarkistuspisteissä, kun huipputuntikerroin on 0.91, 2) onko moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä palvelutason C välityskyvyn rajoissa huipputuntikerrointa 0.91 vastaavien, taulukossa 8.1 kuusi-kaistaisille moottoriteille esitettyjen arvojen mukaan ja 3) onko sekoittuminen taulukossa 8.1 esitettyjen palvelutason C perusteiden mukainen.

Jos palvelutason edellytykset eivät täyty, on tieosa mahdollisuuksien mukaan suunniteltava uudelleen palvelutasoa C vastaavaksi.

Ratkaisu:

Seuraavassa esitetään yhtälöiden käyttö askelittain, jotta menetelmät tulisivat tutuiksi. Käytännössä voidaan yhtälöiden sijasta käyttää nomogrammeja, jolloin ratkaisu saadaan nopeasti graafisesti.

a) Alustavat laskelmat:

Osoitetut tarkistuspisteet voidaan erkaneevan liikenteen osalta käsitellä kuvan 8.10 avulla ja liittyvän liikenteen osalta kuvan 8.9 avulla. Ensimmäisessä erkaneevan liikenteen tarkistuspisteessä käytetään kuvassa 8.10 esitettyä yhtälöä, jolloin

$$V_1 = 94 + 0.231V_t + 0.473V_r + 66 \times (V_u/D_u) \\ = 94 + 0.231 \times 4300 + 0.473 \times 650 + 66 \times 0 \\ = 1595 \text{ ajon./h}$$

$1595 < 1650$, joka on taulukossa 8.1 esitetty palvelutason C erkaneevan liikenteen välityskyky, joten palvelutason C edellytykset toteutuvat ja olosuhteet ovat tyydyttävät.

Toisessa erkaneevan liikenteen tarkistuspisteessä käytetään samaa yhtälöä, jolloin

$$V_1 = 94 + 0.231 \times 4450 + 0.473 \times 600 + 66 \times (800/330) \\ = 1562 \text{ ajon./h.}$$

$1562 < 1650$, joten palvelutason C edellytykset toteutuvat ja olosuhteet ovat tyydyttävät.

Liittyvän liikenteen tarkistuspisteessä käytetään kuvassa 8.9 esitettyä yhtälöä, jolloin

$$V_1 = -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195 \times (V_d/D_d) \\ = -121 + 0.244 \times 3650 - 0.085 \times 650 + 195 \times (600/330) \\ = 1064 \text{ ajon./h.}$$

Laskettu yhteisliikennemäärä liittymisen jälkeen on 1064 ajon./h (eli V_1 liittyvän rampin kärjessä) + 800 ajon./h liittyvästä rampista = 1864 ajon./h.

$1864 > 1550$, joka on taulukon 8.1 mukainen pal-

velutason C liittyvän yhteisliikennemäärän välityskyky. Täten liittyvän rampin jälkeinen liikennemäärä on huomattavasti korkeampi kuin palvelutaso C edellyttää, eikä ratkaisu ole tyydyttävä.

Tarkistetaan moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä eri pisteissä:

$4300 < 4350$, joka saadaan taulukosta 8.1, ratkaisu tyydyttävä.

$3650 < 4350$, joka saadaan taulukosta 8.1, ratkaisu tyydyttävä.

$4450 > 4350$, joka saadaan taulukosta 8.1, ratkaisu epätyydyttävä.

Sekoittumista koskeva tarkistus: Tieosalla on liittyviä ajoneuvoja 800 ajon./h ja erkaneevia ajoneuvoja 600 ajon./h, eli yhteensä sekoittuu 1400 ajon./h sekoittumisalueella, jonka pituus on 330 m. Tämä tyydyttää palvelutason C edellytyksen, jonka mukaan tyydyttävässä ratkaisussa voi 1350 ajon./h sekoittua 150 metrin matkalla.

Edellä esitetyt laskelmat osoittavat, että ehdotettu geometrinen ratkaisu on epätyydyttävä sekä liittyvän liikenteen tarkistuspisteessä että kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärän osalta liittyvän ja sitä seuraavan erkaneevan rampin välisellä osalla.

b) Suoritetaan laskelmat uudestaan:

Todennäköisin tutkimisen arvoinen ratkaisu, jolla palvelutason C vaatimukset voitaisiin ehkä täyttää on lisäkaistan rakentaminen liittyvän ja erkaneevan rampin väliin. Tällä tavalla ajotila kasvaa ja ensimmäisellä ajokaistalla rampien välisellä osalla olevien ajoneuvojen lukumäärä vähenee.

Ensimmäisen erkaneevan rampin toiminta ei muutu, joten tätä kohtaa ei tarvitse laskea uudestaan.

Liikennemäärä tulisi tarkistaa liittyvän rampin kärjessä käyttämällä kuvaa 8.12, jolloin saadaan:

$$V_1 = 53 + 0.283V_f - 1.319D_d + 0.547V_d \\ = 53 + 0.283 \times 3650 - 1.319 \times 330 + 0.547 \times 600 \\ = 972 \text{ ajon./h}$$

Rampien välisellä osuudella ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä muodostuu suoraan ajavista ajoneuvoista, liittyvästä rampista saapuvista ajoneuvoista ja erkaneevaan ramppiin ajavista ajoneuvoista. Suoraan ajavien ajoneuvojen lukumäärä saadaan vähentämällä erkaneevan rampin liikennemäärä ensimmäisen ajokaistan lasketusta liikennemäärästä liittyvän rampin kärjessä. Laskelmissa oletetaan, että kaikki erkaneevaan ramppiin aikovat ajoneuvot ovat ensimmäisellä ajokaistalla liittyvän rampin kärjen kohdalla. Rampien välisellä osalla määritetään liittyvästä rampista saapuneiden ja erkaneevaan ramppiin ajavien ajoneuvojen määrän jakautuminen eri ajokaistoille kuvan 8.20 avulla.

Jos ensimmäisen ajokaistan laskettu liikennemäärä lisättyä liittävän rampin liikennemäärällä on alle 1.5 kertaa yhden ajokaistan palvelutason välityskyky (1550 ajon./h palvelutasolla C, kun $HTK = 0.91$), riittää, kun liittymien keskivälillä tarkistetaan, että ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä ja lisäkaistan liikennemäärä erikseen eivät ole yli palvelutason sallitun määrän 1550 ajon./h. Tarkistus on seuraava:

Lasketaan ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittymien puolivälissä: Ensimmäisellä ajokaistalla suoraan ajavia on 972 (ensimmäisen ajokaistan laskettu liikennemäärä) - 600 (erkanemaan ramppiin ajavat) = 273 ajon./h. Liittyvistä rampista ensimmäiselle ajokaistalle saapunut liikennemäärä on $0.58 \times 800 = 464$ ajon./h (käytetään kuvan 8.20 ylempää käyrää). Erkanemaan ramppiin ajavista edelleen ensimmäisellä ajokaistalla oleva liikennemäärä on $(1.00 - 0.25) \times 600 = 450$ ajon./h (käytetään kuvan 8.20 alemmaa käyrää). Ensimmäisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä liittymien puolivälissä on 372 suoraan ajavaa + 464 liittyvistä rampista + 450 erkanemaan ramppiin ajavaa = 1286 ajon./h. $1286 < 1550$, joten ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä toteuttaa palvelutason C edellytykset.

Lasketaan lisäkaistan liikennemäärä liittymien puolivälissä:

Lisäkaistan liikennemäärä voidaan laskea käyttämällä kuvaa 8.20, mutta ehkä helpompi tapa on lisätä liittävän rampin kärjessä oleva ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittävän rampin liikennemäärään ja vähentää tästä ensimmäiselle ajokaistalle puolivälissä edellä saatu liikennemäärä.

972 (rampin kärjessä) + 800 (liittyvistä rampista) - 1286 (ensimmäisellä ajokaistalla puolivälissä) = 486 ajon./h.

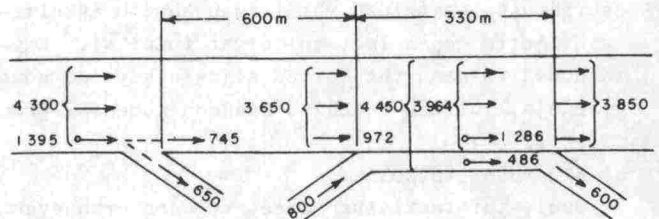
$486 < 1550$, joten lisäkaista toteuttaa palvelutason C edellytykset.

Lisäksi on tarkistettava moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä, jotta varmistutaan siitä, että se nyt on alle 4350 ajon./h. Tarkistuslaskelmassa lisäkaistaa ei lasketa mukaan ajokaistaksi eikä tarkistuspiirteen kohdalla lisäkaistalla olevaa liikennemäärää lasketa moottoritien liikennemäärään mukaan.

Tässä tehtävässä tutkittavalle tieosalle saapuu 4450 ajon./h, joista 486 ajon./h on laskelmien mukaan lisäkaistalla liittymien puolivälissä. Jäljelle jäävät 3964 ajon./h ovat kolmella suoraan menevällä ajokaistalla. $3964 < 4350$, joten moottoritien ajokaistojen yhteisliikennemäärä toteuttaa palvelutason C edellytykset.

Lopuksi tarkistetaan, että sekoittumisen asettamat palvelutason edellytykset toteutuvat. Palvelutasolla C ($HTK = 0.91$) sekoittumisen maksimimäärä on enintään 1350 ajon./h 150 metrin matkalla, joten siis 1400 ajon./h ($= 800 + 600$) 330 metrin matkalla on tyydyttävä ratkaisu. Ramppien liikennemäärää tarkastelemalla todetaan, että 464 liittyvistä rampista saapunutta ajoneuvoa on sekoittunut 150 erkanemaan ramppiin ajavan ajoneuvon kanssa (sekoittuva kokonaisliikennemäärä on 614 ajon./h) jo ensimmäisten 165 metrin (puolet 330 metristä) matkalla ja siirtynyt pois moottoritiele saapumiseen käyttämiltään ajokaistoilta. Tämä on huomattavasti vähemmän kuin 150 metrin matkalle taulukossa 8.1 ylärajaksi osoitettu 1350 ajon./h.

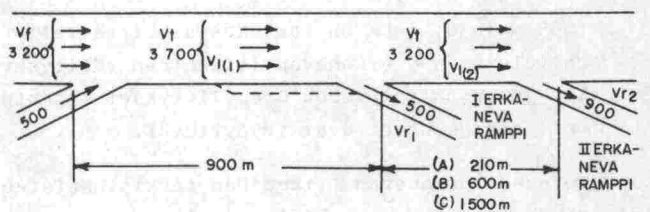
Korjattu suunnitelma, joka on esitetty alla olevassa kuvassa liikennemäärineen toteuttaa palvelutason C asettamat vaatimukset.



Esimerkki 8.4

Tehtävä:

Kuusikaistainen moottoritie, jonka geometrinen ratkaisu ja liikennemäärät on esitetty kuvassa



Tunnetut olosuhteet: Palvelutaso C, huipputuntikerroin = 0.83, kuorma-autojen osuus alle 5 %, pituuskaltevuus alle 2 %.

On määritettävä, toteuttavatko erkanevat yhteisliikennemäärät (V_1) erkanevista rampeista ylävirtaan palvelutason C vaatimukset, jos erkanevien ramppien kärkien välinen etäisyys on a) 210 m, b) 600 m, c) 1500 m.

Ratkaisu:

Käytetään kuvaa 8.10 joissakin kohdissa yhdessä kuvan 8.23 kanssa. Seuraavassa esitetään yhtälöiden käyttötapa vaikka nomogrammien käyttäminen ratkaisuisi vähentäisikin laskenta-aikaa.

a) Ramppien kärkien välinen etäisyys on 210 m:

Jos erkaneevien ramppien välimatka on alle 240m (800 ft), oletetaan toiseen erkaneevaan ramppiin aikovien ajoneuvojen olevan ensimmäisellä ajokaistalla ensimmäisestä rampista ylävirtaan olevalla osuudella.

Ensimmäinen erkaneeva ramppi:

$$V_1 = + 94 + 0.231V_t + 0.473 (V_{r1} + V_{r2}) + 66V_u/D_u$$

$$= + 94 + 0.231 \times 3700 + 0.473 (500 + 900) + 66 \times (500/900)$$

$$= 1647 \text{ ajon./h}$$

1647 > 1500, joka on taulukosta 8.1 palvelutasolle C saatava erkaneevan liikenteen välityskyky huipputuntikertoimella 0.83, joten palvelutason edellytykset eivät toteudu.

Toinen erkaneeva ramppi:

Laskelmia ei tarvita. Tässä rampissa palvelutason edellytykset toteutuvat, jos ne toteutuvat ensimmäisessä erkaneevassa rampissa.

b) Ramppien kärkien välinen etäisyys on 600 m:

Kun erkaneevien ramppien välimatka on 240 - 1200 m (800 - 4000 ft), käytetään kuvaa 8.23b määriteltäessä niiden toiseen erkaneevaan ramppiin aikovien ajoneuvojen lukumäärä, jotka ovat ensimmäisellä ajokaistalla rampista ylävirtaan olevalla osuudella.

Ensimmäinen erkaneeva ramppi:

Taulukon 8.23b mukaan 63 % toiseen erkaneevaan ramppiin aikovista ajoneuvoista on ensimmäisellä ajokaistalla 600 m ylävirtaan tästä rampista.

$$V_1 = + 94 + 0.231V_t + 0.473 (V_{r1} + 0.63V_{r2}) + 66 (V_u/D_u)$$

$$= + 94 + 0.231 \times 3700 + 0.473 (500 + 0.63 \times 900) + 66 \times (500/900)$$

$$= 1489 \text{ ajon./h}$$

1489 < 1500, joten palvelutason C vaatimukset toteutuvat.

Toinen erkaneeva ramppi:

$$V_1 = + 94 + 0.231V_t + 0.473V_{r2} + 66V_u/D_u$$

$$= + 94 + 0.231 \times 3200 + 0.473 \times 900 + 66 (500/1500)$$

$$= 1280 \text{ ajon./h}$$

1280 < 1500, joten palvelutason C vaatimukset toteutuvat.

c) Ramppien kärkien välinen etäisyys on 1500 m:

Kun kahden erkaneevan rampin välinen etäisyys on yli 1200 m (4000 ft), ei toisen erkaneevan rampin katsota vaikuttavan ensimmäiseen ramppiin. Samoin ensimmäisestä erkaneevasta rampista ylävirtaan olevan liittyvän rampin ei katsottaisi vaikuttavan toisen erkaneevan rampin laskelmiin.

Ensimmäinen erkaneeva ramppi:

$$V_1 = + 94 + 0.231V_t + 0.473V_{r1} + 66V_u/D_u$$

$$= + 94 + 0.231 \times 3700 + 0.473 \times 500 + 66 (500/900) = 1221 \text{ ajon./h}$$

1221 < 1500, joten palvelutason C vaatimukset toteutuvat.

Toinen erkaneeva ramppi

$$V_1 = + 94 + 0.231V_t + 0.473V_{r2} + 66V_u/D_u$$

$$= + 94 + 0.231 \times 3200 + 0.473 \times 900 + 66 \times 0$$

$$= 1259 \text{ ajon./h}$$

1259 < 1500, joten palvelutason C vaatimukset toteutuvat.

Vertaamalla liittymien välistä moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärää sallittuun todetaan ratkaisun olevan tyydyttävä, koska 3700 < 4000 ajon./h, joka on palvelutasolle C sallittava arvo huipputuntikertoimen ollessa 0.83.

Tarkistetaan sekoittuminen:

Koska ratkaisussa on yksi liittyvä ja kaksi erkaneevaa ramppiä, esiintyy siinä ainakin josakin määrin kerrottua sekoittumista. Koska liittyvä ramppi, jonka liikennemäärä on 500 ajon./h, on 900 m:n päässä ylävirtaan, on ilmeistä, että palvelutason C vaatimus, että sekoittumisen määrä kaikilla 150 m:n tiejaksoilla on alle 1200 ajon./h, toteutuu.

d) Johtopäätökset:

Edellä esitetyt ratkaisut osoittavat, että annetuilla liikennemäärillä palvelutason C vaatimukset eivät toteudu ensimmäisestä erkaneevasta rampista ylävirtaan olevalla tieosalla, jos erkaneevien ramppien välinen etäisyys on vain 210 m (700 ft). Jos tämä etäisyys on joko 600 m (2000 ft) tai 1500 m (5000 ft), on ratkaisu tyydyttävä.

e) Harkittavat vaihtoehdot tapauksessa, kun välimatka on 210 m (700 ft):

Tilanteessa, jossa erkaneevien ramppien kärkien välimatka on vain 210 m, voidaan harkita useita vaihtoehtoisia ratkaisuja.

- 1) Hyväksytään palvelutaso D ensimmäisessä erkaneevassa rampissa.
- 2) Sijoitetaan erkaneevat rampit kauemmas toisistaan. Tilanne, jossa ramppien välimatka on 600 m, osoittautui tyydyttäväksi palvelutasolla C, mutta varmuus oli hyvin pieni. Täten siis erkaneevien ramppien välimatkan tulisi olla ainakin 600 m.
- 3) Rakennetaan pitkä moottoritien suuntainen hidastuskaista ensimmäisestä erkaneevasta rampista ylävirtaan. Tällöin ensimmäiselle rampille aikovat 500 ajon./h voivat poistua suoraan meneviltä ajokaistoilta ennenkuin pääsisi toiselle erkaneevalle rampille aikovista 900 ajon./h:sta ovat siirtyneet ensimmäiselle ajokaistalle. Kuvien 8.10 ja 8.23b perusteella voidaan päätellä, että hidastuskaistan tulisi alkaa ainakin 480 m ennen ensimmäistä erkaneevaa ramppiä. Jos oletetaan, että ensimmäistä ramppiä käyttävät 500 ajon./h siirtyvät hidastuskaistalle 180 metrin (600 ft) matkalla sen alusta lukien

tulisi ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä tarkistaa 300 metrin päässä erkanevasta rampista ylävirtaan sekä 480 metrin päässä ylävirtaan, joista jälkimmäisellä tarkistuksella määritetään ensimmäisen ajokaistan käyttöaste välittömästi ennen hidastuskaistan alkua.

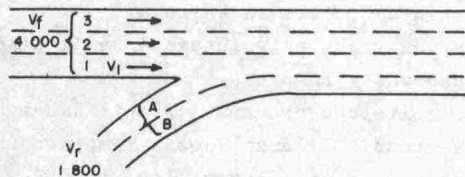
- 4) Rakennetaan lisäkaista ylävirtaan olevan liittyvän rampin ja ensimmäisen erkanevan rampin väliin. Tällä tavalla tilanne ilmeisesti korjautuisi, mutta jos ratkaisu on epävarma, voidaan kuvia 8.12 ja 8.20 käyttämällä tarkistaa ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä useissa eri kohdissa liittyvän ja erkanevan rampin välillä. (Välityskyvyn kannalta lisäkaistan jatkaminen toiseen erkanevaan ramppiin asti on todennäköisesti tarpeetonta, mutta turvallisuuden kannalta se kuitenkin saattaa olla toivottavaa).

Esimerkki 8.5

Osa a.

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet: Kaksikaistainen ramppi liittyy kuusikaistaiseen moottoritiehen ja liittymäkohdasta jatkuu lisäkaista, joka muodostaa moottoritiestä kahdeksankaistaisen (vertaa kuvaan). Toivotaan palvelutasoa C, $HTK = 0.91$ ja geometriset olosuhteet ovat tyydyttävät. Moottoritien liikennemäärä on 4000 ajon./h ennen liittyvää ramppiä. Kuorma-autojen osuus on alle 5 % ja tieosa on lähes tasainen.



On määritettävä: 1) Tyydyttääkö kuvassa esitetty ratkaisu palvelutason C edellytykset esitetyillä liikennemäärillä? 2) Mikä on korkein palvelutasolla C sallittava rampin liikennemäärä?

Ratkaisu:

- 1) Verrataan esitettyjä liikennemääriä palvelutasoon C:

Taulukon 8.1 mukaan on kuusikaistaisella moottoritieellä liittyvästä rampista ylävirtaan sallittu liikennemäärä 4350 ajon./h palvelutasolla C, kun $HTK = 0.91$. Kahdeksankaistaisella moottoritieellä liittyvästä rampista alavirtaan sallittu liikennemäärä palvelutasolla C on 6000 ajon./h, kun $HTK = 0.91$. Esitetyt olosuhteet siis tyydyttävät palvelutason C edellytykset moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärän kannalta.

Tarkasteltavana on kaksikaistainen liittyvä ramppi, joka on sivulla 202 käsitellyn tapauksen I mukainen, koska moottoritiehen on lisätty ajokaista rampin oikeanpuoleisen ajokaistan jatkeeksi (rampin ajokaista B). Koska rampin ajokaistaa B pitkin päästään vapaasti moottoritielelle, voidaan sen olettaa välittävän suurimman osan rampin liikennemäärästä, eli tässä tapauksessa 1550 ajon./h, joka on palvelutasolla C sallittava liittyvän yhteisliikenteen määrä, kun $HTK = 0.91$ (taulukko 8.1). Rampin liikennemäärän loppuosa ($1800 - 1550 = 250$ ajon./h) joutuu olettamuksen perusteella liittymään moottoritien ensimmäisen ajokaistan liikenteeseen samalla tavoin kuin normaaleissa olosuhteissa, joissa ei ole lisäkaistaa. Tämän vuoksi määritetään tarvittava kuusikaistaisen moottoritien V_1 kuvan 8.9 avulla, jolloin saadaan liittyvä yhteisliikennemäärä määritetyksi.

$$\begin{aligned} V_1 &= -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195V_d/D_d \\ &= -121 + 0.244 \times 4000 - 0.085 \times 0 + 195 \times 0 \\ &= 855 \text{ ajon./h} \end{aligned}$$

Liittyvä yhteisliikennemäärä = $V_1 + \text{rampin ajokaistan A liikennemäärä} = 855 + 250 = 1105$ ajon./h. $1105 < 1550$, joten palvelutason C edellytykset toteutuvat, kun huipputuntikerroin on 0.91 (taulukko 8.1). Rampin liikennemäärä 1800 ajon./h toteuttaa myös palvelutason C edellytykset.

2) Määritetään korkein sallittu rampin liikennemäärä palvelutasolla C, kun moottoritien liikennemäärä liittymäkohdasta ylävirtaan on kuvan mukainen: Korkein moottoritieellä liittymäkohdasta alavirtaan sallittu liikennemäärä on 6000 ajon./h (taulukko 8.1, 8-kaistainen moottoritie, palvelutaso C, $HTK = 0.91$). Täten moottoritien välityskyvyn perusteella laskettu korkein sallittu rampin liikennemäärä on:

$$\begin{aligned} V_r &= V_f (\text{sallittu liikennemäärä alavirtaan}) - V_f \\ &= (\text{todellinen liikennemäärä ylävirtaan}) = 6000 - 4000 = 2000 \text{ ajon./h.} \end{aligned}$$

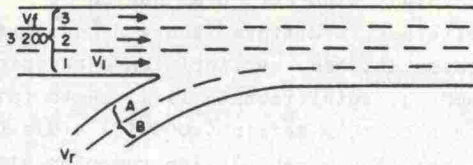
Tarkistetaan ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä liittymäkohdassa:

Liittyvä yhteisliikennemäärä (ajon./h) = $V_1 + \text{korkein mahdollinen rampin ajokaistan A liikennemäärä} = 855 + (2000 - 1550) = 1305$ ajon./h. $1305 < 1550$, joten liittyvä yhteisliikennemäärä tyydyttää palvelutason C edellytykset. Korkein rampin sallittu liikennemäärä tällä palvelutasolla on 2000 ajon./h, koska moottoritie ei voi välittää enempää rampilta saapuvaa liikennettä.

Osa b.

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet: Sama ratkaisu ja samat palvelutasovaatimukset kuin osassa a. Moottoritien liikennemäärä liittymästä ylävirtaan on kuitenkin 3200 ajon./h.



On määritettävä palvelutasolla C sallittava rampin liikennemäärä.

Ratkaisu:

Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä voisi olla $6000 - 3200 = 2800$ ajon./h. Rampin ajokaistan A liittyvä liikennemäärä on kuitenkin tarkistettava moottoritien liikennemäärän V_1 kanssa esitetyissä uusissa olosuhteissa.

$$\begin{aligned} V_1 &= -121 + 0.244V_f - 0.085V_u + 195V_d/D_d \\ &= -121 + 0.244 \times 3200 - 0.085 \times 0 + 195 \times 0 \\ &= 660 \text{ ajon./h.} \end{aligned}$$

Liittyvä yhteisliikennemäärä $= V_1 +$ rampin ajokaistan A liikennemäärä $= 660 + (2800 - 1550) = 1910$ ajon./h.

$1910 > 1550$, joten palvelutason C edellytykset eivät toteudu.

Korkein sallittu rampin liikennemäärä, joka toteuttaa palvelutason C edellytykset 1550 ajon./h, saadaan seuraavasti:

Korkein sallittu liittyvä yhteisliikennemäärä $= V_1 + (V_r - 1550 \text{ ajokaistalla B}).$

1550 ajon./h (liittyvä yhteisliikennemäärä) $= 660 + (V_r - 1550)$

$V_r = 2440$ ajon./h, joka on palvelutasolla C sallittu rampin liikennemäärä.

Ratkaisun arvostelu:

Edellisen tehtävän a-osassa oli rajoittavana tekijänä moottoritien liikennemäärä liittymiskohdasta alavirtaan, mutta b-osassa rajoittajana oli rampin liikennemäärä, koska moottoritien ja rampin liikennemäärät olivat lähempänä toisiaan.

Palvelutasojen D ja E välityskykyjen laskeminen

Eroavuudet korkeammista palvelutasoista

Tämän luvun edellisessä osassa käsiteltiin rampien ja moottoriteiden liittymien toimintaa häiriytymättömän liikennevirran eri palvelutasoilla. Huolimatta siitä, että tekstin yhteydessä esitetyt yhtälöt ja nomogrammit perustuvat kaikilla palvelutasoilla tehtyihin havaintoihin, käsittelevät ne pääasiassa palvelutasoa C, jota vastaavat koko tuntina havaitut liittyvän yhteisliikenteen määrät ovat $1300 - 1550$ ajon./h, ja lyhytaikainen (5 min.) liikennemäärä saattaa vastata 1700 ajoneuvoa tunnissa. Määrätyissä liittyvän erkanevan ja suoraan ajavan liikenteen yhdistelmissä nämä arvot saattavat olla lähellä vakaan liikennevirran maksimiarvoja.

Verraten hyvin suunnitelluilla moottoriteillä liikennevirta on kuitenkin useimmissa tapauksis-

sa vakaa vielä pitkälti palvelutason D alueella, ja juuri tähän alueeseen käytännön tehtäviä suoritettava suunnittelija joutuu useimmin kiinnittämään huomiota. Vaikka olisikin toivottavaa, että kaikki tiet toimisivat vähintään palvelutasolla C, ei tähän tavoitteeseen useimmissa kaupungeissa vielä päästä. Tämän vuoksi liikennesuunnittelijat joutuvat useimmiten suunnittelemaan kohteita pitäen toivottavana mahdollisimman monen ajoneuvon sujuvaa liikennöimistä huippuajoina.

Suoraan menevästä liikenteestä poiketen on rampiliittymien palvelutasolla D liikennemäärien vaihtelualue huomattavan laaja ennenkuin joudutaan palvelutasolle E. Tämä johtuu siitä, että sekä erilaiset ruuhkaolosuhteet että kunkin tarkasteltavan kohteen geometrinen elementtien erityisominaisuudet vaikuttavat huomattavasti päätien liikenteen kaistajakautumaan. Taulukossa 8.1 esitetyt arvot osoittavat liittyvän ja erkanevan yhteisliikennemäärän (tai kunkin ajokaistan liikennemäärän) ylärajaksi 2000 hay/h, mutta liikenteen kaistajakautumasta johtuen ensimmäisellä ajokaistalla on yleensä tätä vähemmän liikennettä ja muilla enemmän. Tämän vuoksi voidaan palvelutasolla D moottoritien toiminnan muuttumisesta johtuen saavuttaa rampeissa korkeampia liikennemääriä kuin palvelutason C ylärajalla.

Oletetaan esimerkiksi, että kuusikaistaisen moottoritien liikennemäärä on 3000 ajon./h liittyvästä rampista ylävirtaan kuvan 8.9 esittämässä geometrisissa olosuhteissa. Havaintokohdasta ylävirtaan sijaitsee erkaneva ramppi, jonka liikennemäärä on 400 ajon./h ja 1200 m (4000 ft) alavirtaan toinen erkaneva ramppi, jonka liikennemäärä on 500 ajon./h. Nomogrammin mukainen ratkaisu (kuva 8.9) osoittaa, että koko liikennemäärästä (3000 ajon./h) on ensimmäisellä ajokaistalla 660 ajon./h, kun palvelutason C ylärajalla vain 640 ajon./h ($HTK=0.77$), 740 ajon./h ($HTK=0.83$) tai 890 ajon./h ($HTK=0.91$) voi saapua kyseisessä kohteessa liittyvää ramppia pitkin ylittämättä liittyvän yhteisliikennemäärän välityskykyä. Jos liittyvän rampin todellinen liikennemäärä sattuu näiden liikennemäärien lähelle tai on niitä hieman pienempi, ratkaisu vastaa todellisuutta, ja liittyminen tapahtuu palvelutasolla C. Toisen ja kolmannen ajokaistan keskimääräinen liikennemäärä esitetyissä olosuhteissa olisi kuitenkin vain $(3000 - 660)/2 = 1170$ ajon./h. Jos liittyvän rampin liikennemäärä on korkeampi kuin edellä esitetyt 640 ajon./h, 740 ajon./h tai 890 ajon./h, alkaisi moottoritien oikeanpuoleisimmalle ajokaistalle teoriassa muodostua jonoja. Käytännössä näin ei kuitenkaan tapahdu, koska toisella ja kolmannella ajokaistalla on niin paljon tilaa, että osa ensimmäisen ajokaistan käyttäjistä vaihtaa mieluummin kaistaa ennenkuin nopeus alenee tai pysähdyksiä tapahtuu. Tämä pitää erityisesti

paikkansa silloin, kun suurin osa tien käyttäjästä ajaa tiellä toistuvasti esimerkiksi työssäkäynnin takia, kuten yleensä useimmissa välityskyvyn kannalta kriittisissä kohdissa on laita.

Edellä esitettyjä palvelutasoja A-C koskevia laskentamenetelmiä voidaan soveltaa palvelutasolla D ja likimääräisesti myös palvelutasolla E samalla tavoin kuin korkeammilla palvelutasoilla valitsemalla taulukosta 8.1 asianmukaiset tarkistusarvot. Joissakin erikoisissa geometrisissa olosuhteissa tällainen käyttötapa saattaa satunnaisesti olla tarpeen, mutta useimmin esiintyviä geometrisia ratkaisuja varten on käytettävissä muita laskentamenetelmiä, jotka soveltuvat erityisesti palvelutasolle D, ja joita voidaan myös käyttää likiarvolaskelmissa palvelutasolla E (3). Näitä menetelmiä käsitellään seuraavassa tekstissä.

Laskentamenetelmät palvelutasolla D

Taulukossa 8.3 ja kuvassa 8.23 on esitetty tärkeimmät laskennalliset menetelmät, jotka kuvaavat keskimääräisiä ajotapoja palvelutasolla D. Taulukossa 8.3 on esitetty suoraan ajavan liikenteen prosenttiosuus, joka todennäköisesti käyttää ensimmäistä ajokaistaa neli-, kuusi- ja kahdeksankaistaisten moottoriteiden ramppiläytymissä palvelutasolla D. Kuvassa 8.23 on esitetty liittyvää ja erkanevaa ramppia käyttävästä liikenteestä vastaava prosenttiosuus, joka todennäköisesti on ensimmäisellä ajokaistalla (tai lisäkaistalla jos sellainen on rakennettu) tavallisten moottoriteiden vastaavilla liittymäalueilla. Kuva 8.23 on laadittu kuvien 8.24 ja 8.25 perusteella.

Palvelutason D käyttökelpoiset ramppien maksimiliikennemäärät voidaan määrittää taulukkoon 8.3 ja kuvaan 8.23 perustuvilla menetelmillä. Näissä on otettu huomioon tunnin sisäiset liikennehuiput sekä sellaiset normaaliolosuhteiden vaihtelut, joita ei voida mitata. Elleivät tarkistuspisteiden liikennemäärät ylitä palvelutasolle D osoitettuja arvoja, ei tien välityskykyä yleensä ylitetä eikä jonoja siis muodostu. Täten nämä arvot osoittavat korkeimmat liikennemäärät, jotka tarkasteltava kohta voi jatkuvasti välittää siten, ettei liikennevirran häiriintyminen ole todennäköistä. Tällaiset ajo-olosuhteet saattavat kuitenkin useiden ajajien mielestä tuntua epämiellyttäviltä.

Tätä laskentamenetelmää ja annettuja arvoja tulisi käyttää tutkittaessa jo rakennettujen moottoriteiden toiminnallisia ongelmakohtia, minkä lisäksi niitä voidaan käyttää suunnitelmien kriittisten kohtien tarkistamisessa, jolla pyritään varmistumaan siitä, etteivät nämä kohdat muodostu pullonkauloiksi, jotka alentavat niistä ylävirtaan olevia liikennemääriä.

Laskentavaiheet lyhyesti ovat seuraavat:

- a) Määritetään tutkittavan kohteen geometriset ominaisuudet, mm. moottoritien ajokaistojen lukumäärä, tutkittavasta liittymästä tai kohdasta alle 1200 metrin (4000 ft) etäisyydellä ylä- tai alavirtaan olevien ramppien sijainti sekä lisäkaistojen mahdollinen esiintyminen.
- b) Määritetään kaikkien liikennesuuntien liikennemäärät.
- c) Määritetään tarkasteltavan kohteen liikennemäärät kriittisissä pisteissä ajokaistoittain kuvan 8.1 mukaan sekä 150 metrin välimatkoin kriittisen tieosan pituudelta käyttäen taulukkoa 8.3 ja kuvaa 8.23. Verrataan näitä liikennemääriä seuraaviin tarkistusarvoihin:
 - 1) Liittyvä yhteisliikennemäärä ensimmäisellä ajokaistalla tai lisäkaistalla ei missään kohdassa saa olla suurempi kuin valitulle palvelutasolle taulukossa 8.1 esitetty arvo. Palvelutasolla D liikennemäärä on 1400 - 1650 ajon./h valitusta huipputuntikertomesta riippuen. Vastaavasti erkaneva yhteisliikennemäärä (kokonaisliikennemäärä ennenkuin liikennevirta on jakautunut suoraan ajaviin ja erkaneviin osiin) ensimmäisellä ajokaistalla tai lisäkaistalla välittömästi rampin erkanemiskohtaa ennen ei saa olla suurempi kuin valitulle palvelutasolle taulukossa 8.1 on osoitettu. Palvelutasol-

Taulukko 8.3 ENSIMMÄISELLÄ AJOKAISTALLA OLEVIA SUORAAN AJAVIA AJONEUVOJEN LIKIMÄÄRÄINEN PROSENTTIOSUUS^a KAIKISTA SUORAAN AJAVISTA AJONEUVOISTA RAMPPIEN KÄRKIEN LUONA PALVELUTASOLLA D

SUORAAN AJAVA KOKONAISLIKENNEMÄÄRÄ YHTEEN SUUNTAAN (ajon/h)	ENSIMMÄISELLÄ AJOKAISTALLA OLEVAT SUORAAN AJAVAT (%)		
	8-KAISTAINEN MOOTTORITIE ^b	6-KAISTAINEN MOOTTORITIE ^c	4-KAISTAINEN MOOTTORITIE ^d
6500 ja yli	10	-	-
6000 - 6499	10	-	-
5500 - 5999	10	-	-
5000 - 5499	9	-	-
4500 - 4999	9	18	-
4000 - 4499	8	14	-
3500 - 3999	8	10	-
3000 - 3499	8	6	40
2500 - 2999	8	6	35
2000 - 2499	8	6	30
1500 - 1999	8	6	25
1499 tai alle	8	6	20

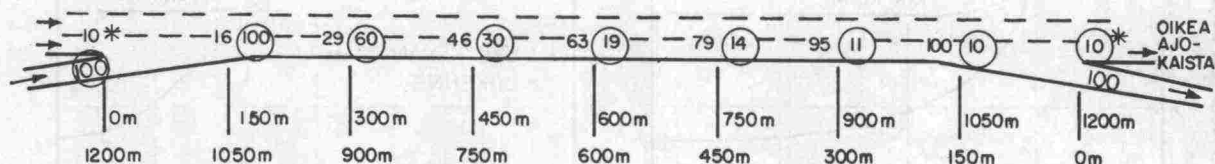
^aLiikenne, joka ei ole käyttänyt ramppia 1200 metrin etäisyydellä kumpaankaan suuntaan.

^bNeljä ajokaistaa yhteen suuntaan.

^cKolme ajokaistaa yhteen suuntaan.

^dKaksi ajokaistaa yhteen suuntaan.

TAPAUS I - YKSIKAISTAISET LIITTYMIS- JA ERKANEMISRAMPIT ILMAN LISÄKAISTAA
(KUVAA VOIDAAN KÄYTTÄÄ LIITTYMIS- JA ERKANEMISRAMPPIEN VÄLIMATKASTA RIIPPUMATTA, MUTTA KUVAA KÄYTETTÄESSÄ ON OTETTAVA HUOMIOON HUOMAUTUS*)



TAPAUS II - YKSIKAISTAISET LIITTYMIS- JA ERKANEMISRAMPIT, KUN LISÄKAISTA ON RAKENNETTU (A) L (RAMPPIEN KÄRKIEN VÄLISEN LISÄKAISTAN PITUUS) = 300m**

ESIMERKKI KUVAN 8.23 KÄYTÖSTÄ
(YHTEENVETO ESIMERKKIRATKAISUSTA 8.6)

TUNNETAAN: $L = 300\text{m}$

V_1 : STÄ SUORAAN AJAVIA (TAULUKOSTA 8.3)

475 AJON/H

LIITTYMISRAMPPI = 1000 AJON/H

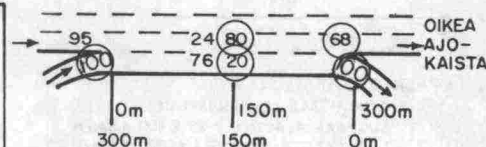
ERKANEMISRAMPPI = 1200 AJON/H

LIITTYMISRAMPPISTA EI AJETA ERKANEMISRAMPPIIN

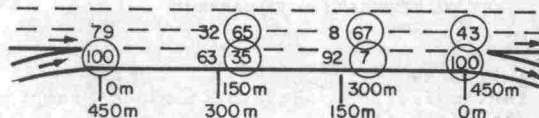
ON MÄÄRITETTÄVÄ 1. AJOKAISTAN LIIK.

MÄÄRÄ 150 m PÄÄSSÄ LIITTYVÄN RAMPIN KÄRJEÄ

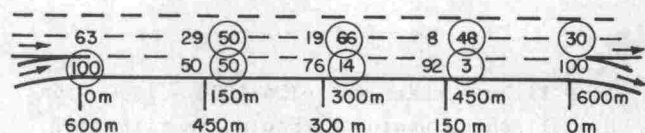
$V_1 = 475 + 0.80 \times 1000 + 0.24 \times 1200 = 1563 \text{ AJON/H}$



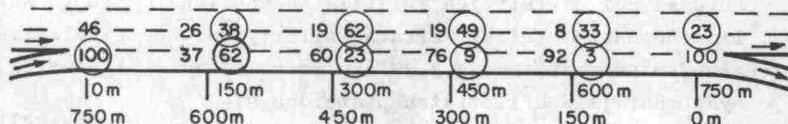
(B) $L = 450\text{m}$



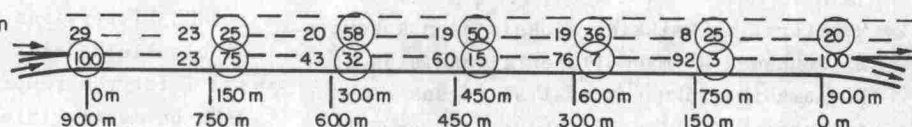
(C) $L = 600\text{m}$



(D) $L = 750\text{m}$



(E) $L = 900\text{m}$



YMPYRÄLLÄ MERKITYT ARVOT (O) OSOITTAVAT KO. RAMPILLA OLEVAN PROSENTTIOSUUDEN LIITTYMISRAMPIN LIIKENTEESTÄ. YMPYRÄTÖMÄT ARVOT VASTAAVAT ERKANEMISRAMPIN LIIKENNETTÄ. (LOPUT LIIKENTEESTÄ ON 1. AJOKAISTAN VASEMMANPUOLEISILLA KAISTOILLA.)

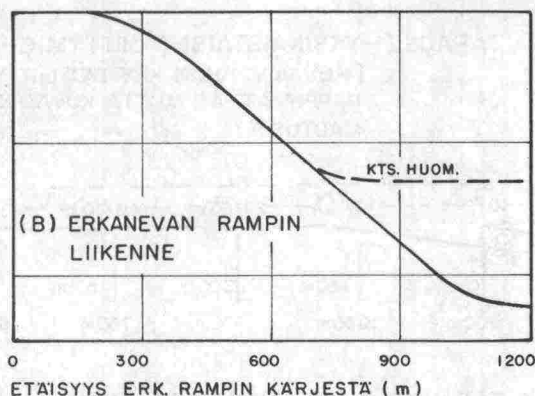
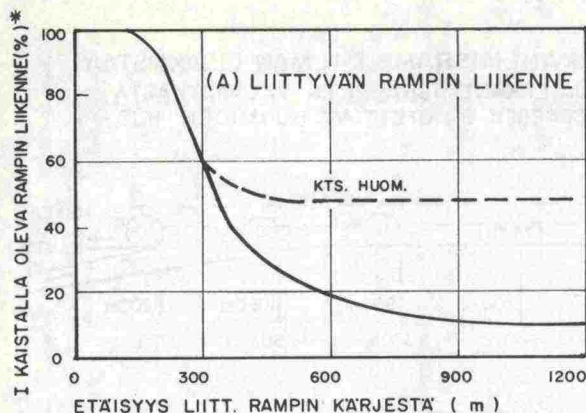
PROSENTTIOSUUDET EIVÄT AINA KUVAA HAIRIITYMATTOMASSA LIIKENNEVIRRASSA TAI ALHAISILLA LIIKENNEMÄÄRILLÄ ESIINTYVÄÄ JAKAUTUMAA, VAAN KORKEILLA LIIKENNEMÄÄRILLÄ OIKEAN AJOKAISTAN KO. PISTEEN LIIKENNEMÄÄRÄÄ, KUN MUILLA AJOKAISTOILLA ON TILAA.

* OIKEAN AJOKAISTAN MINIMIPROSENTTI EI VOI OLLA PIENEMPI KUIN TAULUKON 8.3 PERUSTEELLA MÄÄRITETTY SUORAAN AJAVIEN OSUUS OIKEALLA AJOKAISTALLA (VRT. HUOMAUTUS KUVASSA 8.24)

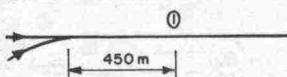
** KATSO L:N PITUUDEN MÄÄRITYSMENETELMÄ KUVASTA 7.5.

Kuva 8.23

Liittymis- ja erkanemisrampin liikenteen prosenttijakautuma ensimmäiselle ajokaistalle ja lisäkaistalle.



ESIMERKKI KUVAN 8.24 KÄYTÖSTÄ (YHTEENVETO ESIMERKISTÄ 8.7)



A - NORMAALI LASKELMA

2 AJOKAISTAA, YKSISUUNTAISIA

SUORAAN AJAVIA = 2 400 AJON/H

LIITTYVÄSTÄ RAMPISTA = 800 AJON/H

1. AJOKAISTAN LIIK.MÄÄRÄ PISTEESSÄ ①

SUORAAN AJAVISTA (TAULUKOSTA 8.3) = $0.30 \times 2400 = 720$

LIITTYVÄSTÄ RAMPISTA (KUVASTA 8.24A) = $0.30 \times 800 = 240$

B - TARKISTUSLASKELMA

KOSKA 1. KAISTAN PROSENTTIOSUUS 450 METRIN PÄÄSSÄ ON KATKOVIIVAN ALAPUOLELLA, SUORITETAAN LASKELMA UUDESTAAN OLETTAEN, ETÄ LIITTYVÄN RAMPIN LIIKENNE KUULUU SUORAAN AJAVIIN.

1. AJOKAISTAN LIIK.MÄÄRÄ PISTEESSÄ ①

SUORAAN AJAVIA (TAULUKOSTA 8.3) = $0.40 \times 3200 = 1280$

KOSKA B-LASKELMAN TULOS ON SUUREMPI KUIN A-LASKELMAN, KÄYTETÄÄN 1280 AJON./H.

*PROSENTTIOSUDET EIVÄT AINA VASTAA LIIKENTEEN JAKAUTUMAA HÄIRIINTYMÄTTÖMÄN LIIKENNEVIRRAN OLOSUhteissa TAI RAMPIN LIIKENTEEN OLLESSA VÄHÄISTÄ, MUTTA VASTAAVAT JAKAUTUMAA KUN TARKASTELTAVASSA KOHTEESSA OIKEANPUOLISTEN AJO-KAISTOJEN LIIKENNEMÄÄRÄ ON SUURI JA MUILLA AJOKAISTOILLA ON TILAA.

HUOM.: JOS 1. AJOKAISTAN PROSENTTIOSUUS TARKASTELTAVASSA PISTEESSÄ ON KATKOVIIVAN ALAPUOLELLA, TULISI 1. AJOKAISTAN LIIKENNEMÄÄRÄ LASKEA UDESTAAN OLETTAEN, ETÄ RAMPPI LIIKENNE ON SUORAAN AJAVAA. KÄYTETÄÄN SUUREMPAA TULOSTA. VRT. YLLÄ ESITETTYYN ESIMERKKIIN.

Kuva 8.24

Ensimmäisellä ajokaistalla olevan rampin liikenteen prosenttiosuus rampin koko liikennemäärästä (ei lisäkaistaa).

1a D liikennemäärä voi olla 1500 - 1750 ajon/h edelleen huipputuntikertoimesta riippuen. Kuvassa 8.1 esitettyjen kriittisten kohtien liikennemäärää tulisi verrata esitettyjen arvojen kanssa. Kuvan 8.23 avulla voidaan myös määrittää kriittisten pisteiden sijainti.

2) Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä (mahdollisen lisäkaistan liikennemäärää lukuunottamatta) ei saa olla suurempi kuin mitä taulukossa 8.1 on halutulle palvelutasolle esitetty, jos liikennettä halutaan pitää tasapainoisena.

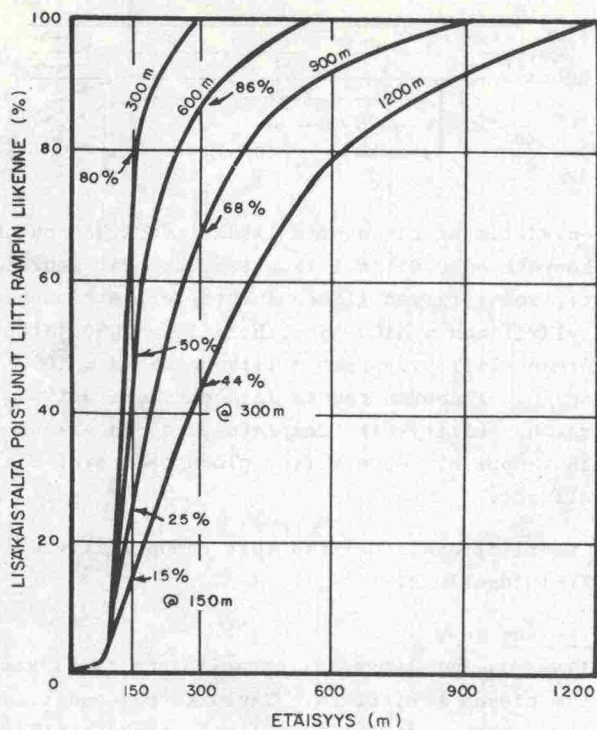
3) Sekoittuvien ajoneuvojen lukumäärä tulee olla pienempi kuin 1400 - 1650 ajon./h jokaisella sekoittumisalueen 150 metrin pituisella osalla (jälleen valitusta huipputuntikertoimesta riippuen, kuten taulukossa 8.1 on esitetty).

d) Arvostellaan c-kohdassa saatujen tarkistusten tuloksia, ja jos ne osoittautuvat epätydyttäväksi, pyritään suunnitelmaa korjaamaan.

Edellä esitetty c-kohta on kuvatus menetelmän tärkein vaihe, ja siinä käytetään sekä taulukkoa 8.3 että kuvaa 8.23. Tämän vaiheen ymmärtäminen

edellyttää kuvan 8.23 laatimisperusteiden tuntemista. Kuva perustuu pääasiassa kuviin 8.24 ja 8.25. Kuvassa 8.24 on esitetty tapaus I, jossa ei ole lisäkaistaa ja kuvassa 8.25 on esitetty tapaus II, jossa lisäkaista on rakennettu.

Tarkastellaan ensin tapautta I. Kuvaa 8.24a käytetään liittyvissä rampeissa, joiden yhteydessä ei ole lisäkaistaa niistä alavirtaan. Kuva osoittaa liittyvän rampin liikennemäärän sen osuuden, joka on moottoritien oikealla ajokaistalla eri pisteissä liittymiskohdasta alavirtaan. Esimerkiksi 150 metrin (500 ft) päässä liittyvän rampin kärjestä koko rampin liikennemäärä on ehkä "tunkeutumallakin" päässyt moottoritien oikeanpuoleisimmalle eli ensimmäiselle ajokaistalle. Koko ajoneuvo ei mahdollisesti vielä ole tällä ajokaistalla, mutta sen vasen puoli on niin lähellä ajokaistaa, että sille muodostuu riittävä väli ajoneuvoa varten. Rampin kärjestä alavirtaan 300 metrin (1000 ft) päässä on 60 % liikennemäärästä oikeanpuoleisella ajokaistalla ja 40 % on siirtynyt vasemmalle ajokaistalle, jos sillä on tilaa ja jos ensimmäistä ajokaistaa jostakin syystä (esimerkiksi seuraavan liittymän takia) pyritään välttämään.



ESIMERKKI



Kuva 8.25

Lisäkaistalta poistuneen ramppiliiikenteen prosenttiosuus liittymisrampin koko liikennemäärästä eri kohdissa lisäkaistaa.

Kuva 8.24b koskee erkanevia rampeja, joita ennen ei ole lisäkaistaa. Kuva osoittaa sen keskimääräisen osuuden erkanevan rampin kokonaisliikenteestä, joka on oikeanpuoleisella eli ensimmäisellä ajokaistalla eri kohdissa rampin kärjestä ylävirtaan. Kuva osoittaa esimerkiksi, että tavanomaisessa erkanevassa rampissa (ei lisäkaistaa, tavallinen hidastuskaista) koko rampin liikennemäärä on ensimmäisellä ajokaistalla 150 metrin (500 ft) päässä erkanevan rampin kärjestä ylävirtaan. Kohdassa, joka on 600 m (2000 ft) ylävirtaan rampin kärjestä 63 % erkanevan rampin liikenteestä on vielä toisella ajokaistalla, jos ajajat jonkin syyn (ruuhkien) takia pyrkivät välttämään ensimmäistä ajokaistaa mahdollisimman kauan ja jos ensimmäisellä ajokaistalla kuitenkin on tilaa sille siirtymistä varten ennen erkanevaa ramppia.

Kuva osoittaa erään tärkeän tavanomaisiin erkaneviin rampeihin liittyvän seikan. Koska ensimmäisellä ajokaistalla on aina jonkin verran suoraan ajavia ajoneuvoja, ei erkanevalla ramppilla koskaan ole yhden ajokaistan koko välityskykyä vastaavaa liikennemäärää, vaikka ramppi itsessään voisi välittääkin tämän liikennemäärän.

Jos sen sijaan moottoritien kanssa yhdensuuntainen lisäkaista on rakennettu, voidaan ramppiin syöttää ajokaistan koko välityskykyä vastaava liikennemäärä. Jos liikennemäärä siis on korkea, lisäkaista lisää erkanevien ramppien välityskykyä vaikkakin tavanomainen hidastuskaista onkin riittävä alhaisilla liikennemäärillä.

Kuvassa 8.24 on myös esitetty tyyppiesimerkki kuvaajien käytöstä. Esimerkissä on tutkittu nelikaistaisen moottoritien (kaksi ajokaistaa kumpaankin suuntaan) toimintaa liittyvän rampin kärjestä 450 metrin (1500 ft) päässä alavirtaan.

Kohteissa, jotka vastaavat tapausta II, eli joissa liittyvä ramppi on yhdistetty lisäkaistalla siitä alavirtaan olevaan erkanevaan ramppiin, on liittyvän rampin liikennemäärän jakautuma edellisestä poikkeava. Kuvassa 8.25 on esitetty liikenteen tyypillinen jakautuma tällaisessa tapauksessa. Kuvasta ilmenee esimerkiksi, että jos lisäkaista on 600 m (2000 ft) pitkä, on 86 % liittyvän rampin liikenteestä poistunut lisäkaistalta 300 metrin (1000 ft) päässä liittyvän rampin kärjestä.

Yleisiä laskelmia varten laaditussa kuvassa 8.23 on yhdistetty eri kuvista saadut tiedot. Kuva osoittaa rampin liikennemäärän jakautumat 150 metrin välimatkoin useissa eri kohdissa ramppi-liittymien välisellä alueella sekä tapauksessa, jossa lisäkaistaa ei ole rakennettu että silloin kun lisäkaista on olemassa. Toisin sanoen kuvassa on esitetty sekä liittyvästä rampista saapuvan liikenteen että erkanevaan ramppiin aikovan ensimmäisellä ajokaistalla ja lisäkaistalla olevan liikenteen prosenttiosuudet 150 metrin välein. (Vaikka laskelmissa ei niitä tarvitakaan, saadaan kuvasta kuitenkin 100 prosentin ja ensimmäisen ajokaistan sekä lisäkaistan yhteisen prosenttiosuuden välisenä erotuksena se liittyvän rampin liikennemäärä, joka on jo siirtynyt toiselle ajokaistalle, tai se erkanevan rampin liikennemäärä, joka ei vielä ole siirtynyt toiselta ajokaistalta.)

Ramppien kärkien välinen etäisyys on mitattava kuvassa 7.5 esitetyllä menetelmällä. Käytännössä luonnollisesti esiintyy verraten harvoin sekoittumisalueita, joiden pituus olisi jaollinen 150 metrillä, mutta sekoittumisalueen pituus voidaan tarkastelussa pyöristää lähimmäksi 150 metrin kerrannaiseksi kuvan 8.23 käyttöä varten ilman, että liikenteen toimivuuslaskelmissa sallittu virhe ylittyy.

Suoritettaessa c-kohdan mukaisia laskelmia, joilla määritetään ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä tapauksessa I, jossa ei siis ole lisäkaistaa, lasketaan ensin taulukon 8.3 avulla se suoraan ajavan liikennemäärän (suoraan ajavalla liikenteellä tarkoitetaan tässä sitä liikennettä, jo-

ka ei ole saapunut rampista tai ei aio poistua ramppiin alle 1200 metrin etäisyydellä kumpaankin suuntaan tutkittavasta kohdasta) osuus, joka todennäköisesti käyttää ensimmäistä ajokaistaa koko liittymis- ja sekoittumisalueen matkan palvelutasolla D. Suoraan ajava kokonaisliikennemäärä kerrotaan tämän jälkeen em. tavalla taulukosta 8.3 saadulla prosenttiosuudella, jolloin tuloksesta saadaan ensimmäisellä ajokaistalla oleva sekoittumaton liikennemäärä. Seuraavaksi lisätään tähän liikennemäärään liittyvästä rampista ensimmäiselle ajokaistalle saapunut liikennemäärä sekä se erkanevaan ramppiin aikova liikennemäärä, joka ei ole vielä poistunut ensimmäiseltä ajokaistalta kuvan 8.23a mukaan määritettynä. Saatu summa on ensimmäisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä tarkasteltavassa kohdassa.

Tapauksessa II, jossa lisäkaista on rakennettu, käytetään kuvaa 8.23b samalla tavalla. Tässä tapauksessa on kuitenkin määritettävä myös lisäkaistan liikennemäärä, joka muodostuu liittyvistä ajoneuvoista, jotka edelleen ovat lisäkaistalla sekä erkanevista ajoneuvoista, jotka ovat jo siirtyneet sille.

Kummassakin tapauksessa on saatua liikennemääriä verrattava liikennemäärien tarkistusarvoihin, kuten aikaisemmin esitettiin.

Menetelmää voidaan käyttää verraten vaihtelevissa geometrisissa ratkaisuihin kuten seuraavassa esitetyissä esimerkeissä todetaan. Erityisesti voidaan menetelmää käyttää tapauksissa, joissa on esimerkiksi laskuesimerkissä 8.9 esitetyllä tavalla liittyvästä ja erkanevasta rampista muodostunut pari. Tällaisessa tapauksessa parin ulommasta rampista saapuvan tai sille erkanevan liikennemäärän vaikutukset ensimmäisen ajokaistan liikenteeseen tulisi tutkia sekä erillisenä rampin liikennemääränä että osana seuraavan rampin ohittavasta suoraan ajavasta liikennemäärästä, ja jatkolaskelmissa tulee käyttää ensimmäiselle ajokaistalle saatua suurempaa liikennemäärää.

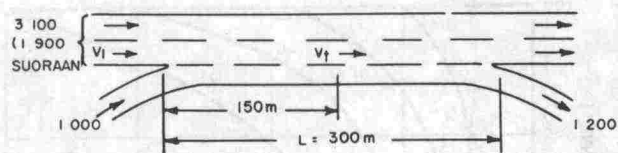
Ramppiliittymien esimerkkiratkaisuja palvelutasolla D

Esimerkki 8.6 (osoittaa kuvan 8.23 käyttötavan)

(Huom. Kuvassa 8.23 on esitetty tämän peruslaskumenetelmiä kuvaavan esimerkin suorittaminen tapauksena II.)

Tehtävä:

Kuten kuvassa on esitetty, oletetaan nelikais-
taisella moottoritieellä (kaksi ajokaistaa kum-
paankin suuntaan) olevan liittyvä ja erkaneva
ramppi 300 metrin etäisyydellä toisistaan. Ramp-



pien väliin on rakennettu lisäkaista. Huipputuntikerroin on 0.91 ja liikennemäärät ovat seuraavat: moottoritien liikennemäärä tarkastelukohdasta ylävirtaan = 3100 ajon./h, joista 1900 jatkaa suoraan, liittyvän rampin liikennemäärä = 1000 ajon./h, erkanevan rampin liikennemäärä = 1200 ajon./h. Liittyvästä rampista ei ajeta erkanevaan ramppiin. Geometriset olosuhteet ovat ihanteelliset.

On määritettävä, toimiiko tämä ramppiliittymäpari palvelutasolla D.

Ratkaisu:

Tällä verraten lyhyellä tieosalla näyttäisi keski-
kohta olevan kriittisin. Taulukko 8.3 osoittaa, että tässä kohdassa ensimmäisellä ajokaistalla on 25 % suoraan ajavasta liikenteestä eli $0.25 \times 1900 = 475$ ajon./h. Kuvan 8.23 tapaus IIa osoittaa, että 80 % liittyvän rampin liikennemäärästä (0.80×1000) eli 800 ajon./h on ensimmäisellä ajokaistalla sekä 24 % erkanevan rampin liikennemäärästä (0.24×1200) eli 288 ajon./h. Ensimmäisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä on $475 + 800 + 288 = 1563$ ajon./h. Taulukon 8.1 perusteella olosuhteet ovat tyydyttävät, koska yhteisliikennemäärän maksimi-arvo on 1650 ajon./h palvelutasolla D huipputuntikertoimen ollessa 0.91.

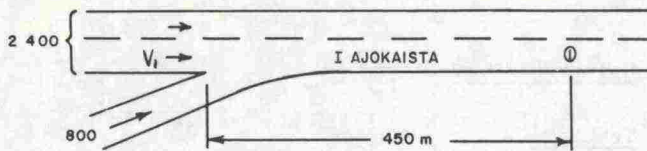
Lisäksi on määritettävä 150 metrin pituisella tieosalla tapahtuvan sekoittumisen määrä. Samassa esimerkissä todetaan, että ensimmäisen 150 metrin matkalla 80 % liittyvän rampin liikennemäärästä ja 76 % erkanevan rampin liikennemäärästä sekoittuu keskenään. Täten saadaan $0.80 \times 1000 + 0.76 \times 1200 = n. 1700$ ajon./h. Koska taulukossa 8.1 on palvelutasolla D 150 metrin matkalla sallituksi sekoittuvan liikenteen määräksi esitetty 1650 ajon./h ja koska laskelmissa saatu arvo on hieman tätä suurempi, on liikennevirrassa odotettavissa jonkin verran häiriöitä. Esimerkki osoittaa, että peräkkäisten raskaasti liikennöityjen liittyvän ja erkanevan rampin välimatkan tulisi olla yli 300 m (1000 ft) siinäkin tapauksessa, että lisäkaista on rakennettu.

Johtopäätös:

Palvelutason D edellytykset eivät toteudu täysin, mutta varsin lähelle niitä päästään.

Esimerkki 8.7 (osoittaa kuvan 8.24 käyttötavan)

(Huom. Kuvaan 8.24 on merkitty tämän perustehtävän suorittamistapa)

**Tehtävä:**

Tarkasteltavana on nelikaistainen moottoritie (kaksi ajokaistaa kumpaankin suuntaan), jolle liittyy yksikaistainen ramppi (vertaa kuvaa). Moottoritien liikennemäärä ennen ramppia on 2400 ajon./h ja liittyvän rampin liikennemäärä 800 ajon./h. Geometriset olosuhteet ovat ihan-teelliset.

On määritettävä se osa liittyvän rampin liikenne-määrästä, joka on edelleen ensimmäisellä ajokais-talla pisteessä 1 liittymästä 450 m (1500 ft) alavirtaan.

Ratkaisu:**a) Peruslaskelmat.**

Taulukosta 8.3 todetaan, että suoraan ajavien määrän ollessa 2400 ajon./h pysyy näistä 30 % ensimmäisellä ajokaistalla

$$2400 \times 0.30 = 720 \text{ ajon./h.}$$

Kuvasta 8.23a saadaan, että pisteessä 1, joka on 450 metrin etäisyydellä liittymästä, 30 % liittyvän rampin liikennemäärästä on ensimmäisellä ajokaistalla. (Huom. Todettakoon, että kuvassa esitetty huomautus 2 on otettava huomioon, ennenkuin ratkaisu on täydellinen, jos leikkauspiste on katkoviivan alapuolella.)

$$800 \times 0.30 = 240 \text{ ajon./h.}$$

Ensimmäisen ajokaistan pisteessä 1 on liikenne-määrä $720 + 240 = 960$ ajon./h

b) Tarkistetaan laskelmat huomautuksen 2 mukaan. Käsitellään rampin liikennemäärä suoraan aja-vana liikenteenä.

$$\text{Suoraan ajava liikennemäärä} = 2400 + 800 = 3200 \text{ ajon./h.}$$

Taulukon 8.3 mukaan on 3200 ajon./h:n kokonais-liikennemäärästä 40 % ensimmäisellä ajokais-talla.

Ensimmäisen ajokaistan pisteessä 1 on kokonais-liikennemäärä $3200 \times 0.40 = 1280$ ajon./h.

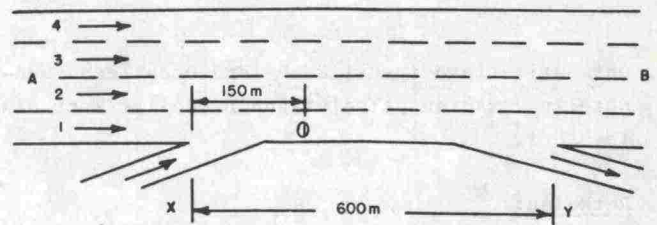
c) Johtopäätös:

Kohdassa b) esitetty menetelmä antaa a-kohtaa suuremman tuloksen, joten käytetään liikenne-määrän arvona 1280 ajon./h.

Esimerkki 8.8**Tehtävä:**

Tunnetut olosuhteet: Kahdeksankaistainen moottori-tie, jolla on neljä ajokaistaa yhteen suuntaan. Lisäkaistaa ei ole rakennettu.

Kuorma-autojen osuus normaali. Pituuskaltevuudet tai kaarresäteet kohtuullisia.



Liittyvä ja erkaneva ramppi peräkkäin, näiden vä-li 600 m, ei muita ramppeja 1200 metrin etäisyy-dellä.

Huipputuntikerroin 0.83.

Liikenne: A-B = 4200 ajon./h, A-Y = 500 ajon./h, X-B = 1200 ajon./h, X-Y = 0 ajon./h, yhteensä ramppien välillä 5900 ajon./h.

On määritettävä, toteutuvatko palvelutason D edel-lytykset tämän suunnitelman pisteessä 1.

Ratkaisu:**a) Moottoritien kaikkien ajokaistojen yhteislii-kennemäärä = 5900 ajon./h.**

$5900 < 6000$ ajon./h, joka saadaan taulukosta 8.1, joten toiminta on tyydyttävä.

b) Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä pisteessä 1:

Suoraan ajava liikennemäärä oikealla ajokais-talla (taulukko 8.3) on $0.08 \times 4200 = 336$.

Liittyvän rampin liikennemäärä oikealla ajo-kaistalla (kuva 8.23a) on $1.00 \times 1200 = 1200$.

Erkanevan rampin liikennemäärä oikealla ajo-kaistalla (kuva 8.23a) on $0.79 \times 500 = 395$.

Yhteensä liikennemäärä on $1931 > 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten toiminta on epä-tyydyttävä.

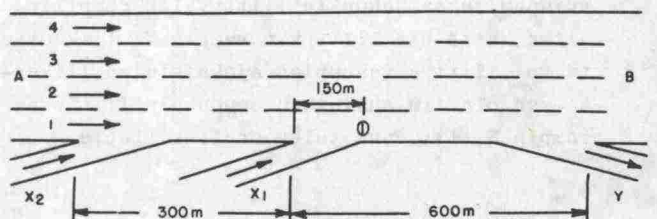
c) Johtopäätös:

Liittymäkohta ei toimi palvelutasolla D, koska geometrinen rakenne tai liikenteen jakautuma eivät tyydytä edellytyksiä. (Vertaa esimerk-keihin 8.9 ja 8.10, joissa on ehdotettu muutok-sia suunnitelmaan.)

Esimerkki 8.9**Tehtävä:**

Tunnetut olosuhteet: Samat olosuhteet kun esimer-kissä 8.8 paitsi, että kohteesta ylävirtaan on lisätty liittyvä ramppi kuvan mukaisesti.

Liikenne: A-B = 4200 ajon./h, A-Y = 500 ajon./h, X_1 -B = 500 ajon./h, X_2 -B = 700 ajon./h, X_1 -Y = 0 ajon./h, X_2 -Y = 0 ajon./h. Yhteensä liikenne-määrä liittyvän rampin (X_1) ja erkanevan rampin (Y) välillä on 5900 ajon./h.



On määritettävä tyydyttäväkö tämä uudelleen suunniteltu ratkaisu palvelutason D edellytykset pisteessä 1.

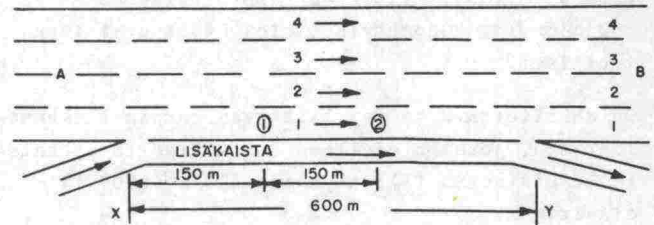
Ratkaisu:

- a) Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä = 5900 ajon./h.
 $5900 < 6000$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- b) Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä pisteessä 1:
 Määritetään oikean ajokaistan liikennemäärä rampista X_2 ylävirtaan (tarkistetaan vaihtoehtoiset ratkaisut ja käytetään suurempaa tulosta).
 Vaihtoehto 1:
 Suoraan ajava liikennemäärä oikealla ajokaistalla (taulukko 8.3) on $0.08 \times 4200 = 336$.
 Liittyvän rampin X_2 liikennemäärä oikealla ajokaistalla (kuva 8.23a) on $0.30 \times 700 = 210$.
 Yhteensä liikennemäärä on 546 (käytetään tätä arvoa).
 Vaihtoehto 2:
 Käsitellään liittyvän rampin X_2 liikennemäärä samoin kuin suoraan ajavat (taulukko 8.3), jolloin liikennemäärä on $0.09 \times 4900 = 440$ (ei käytetä). Liittyvän rampin X_1 liikennemäärä oikealla ajokaistalla (kuva 8.23a) on $1.00 \times 500 = 500$.
 Erkanevan rampin Y liikennemäärä oikealla ajokaistalla (kuva 8.23a) on $0.79 \times 500 = 395$.
 Yhteensä liikennemäärä on $1441 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- c) Sekoittuminen 150 metrin matkalla (kuva 8.23a):
 Liittyvästä rampista X_1 tulee $(1.00 - 1.00) \times 500 = 0$
 Liittyvästä rampista X_2 tulee $(0.60 - 0.30) \times 700 = 210$.
 Erkanemaan ramppiin menee $(0.79 - 0.63) \times 500 = 80$.
 Kaikkiaan sekoittuu $290 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- d) Johtopäätös: Ratkaisu toteuttaa palvelutason D edellytykset ja on tyydyttävä. Täten esimerkin 8.8 epätyydyttävät olosuhteet, joissa oli vain yksi raskaasti kuormitettu liittyvä ramppi 600 metrin päässä erkanevasta rampista, jonka liikennemäärä oli 500 ajon./h, voidaan saada tyydyttäväksi, jos olosuhteet ovat sellaiset, että liittyvän rampin liikennemäärä voidaan jakaa kahdelle liittyvälle rampille siten, että osa liittyvän rampin X_2 liikenteestä voi liittyä vasempien ajokaistojen liikenteessä oleviin aukkoihin ennenkuin liittyvän rampin X_1 liikenne tulee moottoritielle.

Esimerkki 8.10

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet: Samat olosuhteet kuin esimerkissä 8.8, paitsi että ramppien väliin on rakennettu lisäkaista.
 Liikenne: A-B = 4200 ajon./h, A-Y = 500 ajon./h, X-B = 1200 ajon./h, X-Y = 0 ajon./h, yhteensä liikennemäärä ramppien välissä 5900 ajon./h.



On määritettävä toteuttaako ratkaisu palvelutason D edellytykset pisteissä 1 ja 2.

Ratkaisu:

- 1) Piste 1 (150 metriä liittyvästä rampista alavirtaan):
- a) Ensimmäinen ajokaista:
 Suoraan ajava liikennemäärä (taulukko 8.3) on $0.08 \times 4200 = 336$.
 Liittyvän rampin liikennemäärä (kuva 8.23b) on $0.50 \times 1200 = 600$.
 Erkanevan rampin liikennemäärä (kuva 8.23b) on $0.29 \times 500 = 145$.
 Ensimmäisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä on $1081 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- b) Lisäkaista:
 Liittyvän rampin liikennemäärä on $0.50 \times 1200 = 600$.
 Erkanevan rampin liikennemäärä on $0.50 \times 500 = 250$.
 Lisäkaistan kokonaisliikennemäärä on $850 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- c) Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä on 5900 (alkuperäinen liikennemäärä) - 850 (lisäkaistan liikennemäärä) = 5050.
 $5050 < 6000$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- d) Sekoittuva liikennemäärä 150 metrin jaksolla:
 Kuvan 8.23b perusteella tulee liittyvästä rampista $0.50 \times 1200 = 600$.
 Erkanemaan ramppiin menee $0.50 \times 500 = 250$.
 Sekoittuva kokonaisliikennemäärä on $850 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.

- e) Johtopäätös: Palvelutason D edellytykset toteutuvat ja ratkaisu on tyydyttävä pisteessä 1.
- 2) Piste 2 (300 metriä liittyvästä rampista alavirtaan):
- a) Ensimmäinen ajokaista:
- Suoraan ajava liikennemäärä (taulukko 8.3) on 336.
- Liittyvän rampin liikennemäärä (kuva 8.23b) on $0,66 \times 1200 = 792$.
- Erkanevan rampin liikennemäärä (kuva 8.23b) on $0,19 \times 500 = 95$.
- Ensimmäisen ajokaistan kokonaisliikennemäärä on $1223 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- b) Lisäkaista:
- Liittyvän rampin liikennemäärä on $0,14 \times 1200 = 168$.
- Erkanevan rampin liikennemäärä on $0,76 \times 500 = 380$.
- Lisäkaistan liikennemäärä yhteensä on $548 < 1500$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- c) Moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä:
- $5900 - 548$ (lisäkaistan liikennemäärä) = 5352.
- $5352 < 6000$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.
- d) Sekoittumisesta suurin osa tapahtuu 150 metrin aikana, joten lisätarkasteluja ei tarvita, koska tämä on aikaisemmin todettu tyydyttäväksi.
- e) Johtopäätös: Palvelutason D edellytykset toteutuvat, joten ratkaisu on tyydyttävä pisteessä 2.
- 3) Johtopäätös koko tehtävästä: Esimerkissä 8.8 esitetyt epätydyttävät olosuhteet voidaan täten muodostaa hyväksyttäväksi lisäämällä lisäkaista liittyvän ja erkanevan rampin väliin.

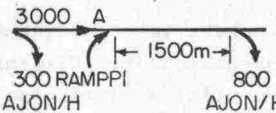
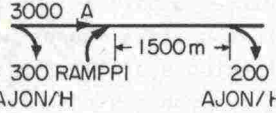
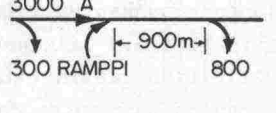
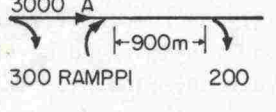
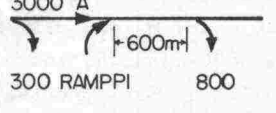
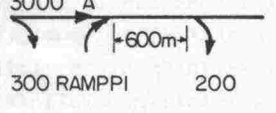
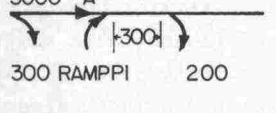
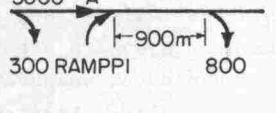
Laskentamenetelmät palvelutasolla E (välityskyky)

Palvelutasolla E, eli välityskyvyn tasolla, esiintyy vielä edellisiä suurempia liikennemääriä, ja palvelun laatu on heikempi kuin palvelutasolla D, jolle edellä esitetyt laskentamenetelmät perustuivat. Kuten tässä luvussa aikaisemmin esitettiin, on monissa ramppien ja moottoriteiden liittymissä esiintynyt liikennemääriä, joiden perusteella voidaan päätellä, että korkein koko tunnin aikana mahdollinen liikennemäärä tällaisessa kohteessa saattaa olla 2000 - 2100 ajon./h. Tällaisia arvoja on esiintynyt riittävän usein, jotta liittymis- ja erkanemiskohtien välityskyvyksi voidaan määritellä 2000 ajon./h, kuten taulukossa 8.1 on esitetty.

Geometriset olosuhteet ja liikenteen peruspiirteet, joilla tällaiset 2100 ajon./h:n liikennemäärät voidaan jatkuvasti saavuttaa, ovat kuitenkin vielä tarkasti määrittelemättä. Ei siis ole mahdollista esittää laskentamenetelmiä, jotka osoittaisivat, milloin liittymiskohta voi toimia tällä tasolla. Likiarvoiseen tulokseen voidaan päästä, kun korvataan palvelutasolla D esitetty liikennemäärän korkein arvo 1800 ajon./h arvolla 2000 ajon./h, mutta tien toiminta näin korkealla liikennemäärällä ajokaistaa kohti on todennäköisesti epävarmaa. Mitkä tahansa epätavalliset olosuhteet saattavat aiheuttaa se, ettei liikennemäärää 2000 ajon./h saavuteta.

Palvelutasolla E liikennevirta on epävakaata ja sen katkeamat ovat todennäköisiä. Liikennetarpeen vähäisenkin kasvu ylittää liittymis- ja erkanemisaluiden välityskyvyn. Tuloksena on "pakotettu" liikennevirta ja palvelutaso F. Tällaisissa olosuhteissa saattaa muodostua pitkiä jonoja, joista aiheutuu ajajille vastaavasti viivästyksiä. Useimmissa kohteissa ja varsinkin sellaisissa paikoissa, joissa ajajat ovat jo pitkän ajan tottuneet ajamaan ruuhkautuneilla moottoriteilla, välityskyvyn ylittävä liikennemäärä tuntuu vain osittain liittyvän rampin liikennemäärän alenemisena ja muulta osin se vaikuttaa itse moottoritien liikennemäärään. Oletetaan esimerkiksi, että liittyvän rampin liikennemäärä on 1200 ajon./h, mutta liittymiskohdan välityskyvyksi on laskettu vain 600 ajon./h. Tämä ei merkitse sitä, että vain 600 ajon./h pääsee moottoritielle kyseisessä kohdassa. Koska rampin liikennemäärä oli 1200 ajon./h, jää ylimääräiseksi liikennemääräksi 600 ajon./h, josta osa odottaa jonoissa rampilla ja osa jonottaa moottoritiellä. Moottoritien liikennevirrassa esiintyy katkeamia ja pitkiä epäsäännöllisiä jonoja enimmäkseen oikealla ajokaistalla, mutta häiriöt aiheuttavat jonoutumista ja "nykivää" liikennöimistä myös muilla ajokaistoilla. Tällaisesta moottoritien toiminnasta on seurauksena vaarallisia kaistanvaihtoja liittymiskohdasta ylävirtaan. Edelleen rampin liikennemäärä tällaisissa "nykivissä" ajo-olosuhteissa, jotka vastaavat palvelutasoa F, on useimmissa tapauksissa korkeintaan 900 ajon./h. Tämä johtuu pääasiassa siitä jo aikaisemminkin käsitellystä seikasta, että ensimmäistä ajokaistaa ajavat ajoneuvot ja rampia pitkin saapuvat ajoneuvot saapuvat vuorotellen liittymäalueelle, jolloin liittymiskohdan välityskyky tällaisissa olosuhteissa on n. 1800 ajon./h. Joissakin tapauksissa todelliset välitetyt liikennemäärät voivat olla huomattavasti alhaisempiakin paikallisista olosuhteista riippuen.

Taulukko 8.4 ESIMERKKEJÄ PALVELUTASOJEN C JA D VÄLITYSKYVYISTÄ (HUIPPUTUNTIKERROIN = 0.83)

GEOMETRISET JA LIIKENNEOLosuhteet ^a	ENSIMMÄISEN AJOKAISTAN ARVIOITU LIIKENNEMÄÄRÄ PISTEESSÄ A^b (ajon/h)		RAMPIN SALLITTAVA LIIKENNEMÄÄRÄ (ajon/h)		MOOTTORITIE SALLIT- TAVA LIIKENNE- MÄÄRÄ ALAVIRTAAN (ajon/h)	
	PALVELU- TASO C, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1400 ajon/h	PALVELU- TASO D, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1500 ajon/h	PALVELU- TASO C, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1400 ajon/h	PALVELU- TASO D, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1500 ajon/h	PALVELU- TASO C, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1400 ajon/h	PALVELU- TASO D, LIITTYVÄ YHTEISLII- KENNEMÄÄRÄ 1500 ajon/h
1. 	690	180	710	1320	3710	4320
2. 	610	180	790	1320	3790	4320
3. 	755	500	645	1000	3645	4000
4. 	625	260	775	1240	3775	4240
5. 	840	760	560	740	3560	3740
6. 	650	320	750	1180	3750	4180
7. 	715	370	685	1130	3685	4130
8. 	1000	560	0 ^c	500 ^d	4000 ^c	4500 ^d

^aKaikki esimerkit koskevat kolmea ajokaistaa yhteen suuntaan ilman lisäkaistaa.^bEi sisällä liittymisrampin ajoneuvoja.^cMoottoritien korkein kokonaisliikennemäärä on 4000, joten rampin korkein liikennemäärä on 0 ajon/h.^dMoottoritien korkein kokonaisliikennemäärä on 4500, joten rampin korkein liikennemäärä on 500 ajon/h.

Palvelutasoa C ja palvelutasoa D koskevien laskelmien vertailu

Jotta kirjan käyttäjä voisi verrata palvelutasolle C tässä luvussa aikaisemmin esitettyjen ratkaisujen ja edellä esitettyjen palvelutasolle D laadittujen ratkaisujen oleellisia eroja, on taulukkoon 8.4 koottu esimerkkejä tuloksissa esiintyvistä eroista

Huomattakoon, että liittyvän rampin palvelutason D välityskyvyssä tapahtuu suurempia muutoksia kuin palvelutason C välityskyvyssä, kun liittyvän rampin ja seuraavan erkanevan rampin välimatka pienenee tai kun erkanevan rampin liikennemäärä pienenee. Vertaamalla taulukossa 8.4 esitettyjä tapauksia 5 ja 6 todetaan, että palvelutason C välityskyky liittyvässä rampissa kasvaa ainoastaan 190 ajon./h, kun erkanevan rampin liikennemäärä alenee 600 ajon./h (800 ajon./h:sta 200 ajon./h:aan), mutta palvelutason D välityskyky liittyvässä rampissa lisääntyy vastaavassa tapauksessa 440 ajon./h. Vertaamalla tapauksia 1 ja 5 todetaan, että liittyvässä rampissa palvelutason C välityskyky kasvaa ainoastaan 150 ajon./h, kun etäisyys seuraavaan erkanevaan ramppiin kasvaa 600 metrillä 1500 metriin, mutta palvelutason D välityskyky kasvaa 580 ajon./h.

LÄHDELUETTELO

1. HESS, J. W., "Capacities and Characteristics of Ramp-Freeway Connections." *Highway Research Record No. 27*, pp. 69-115 (1963).
2. HESS, J. W., "Ramp-Freeway Terminal Operation as Related to Freeway Lane Volume Distribution and Adjacent Ramp Influence." *Highway Research Record No. 99*, pp. 81-116 (1965).
3. MOSKOWITZ, K., and NEWMAN, L., "Traffic Bulletin No. 4—Notes on Freeway Capacity." Calif. Div. of Highways (July 1962); and *Highway Research Record No. 27*, pp. 44-68. (1963).
4. FUKUTOME, I., and MOSKOWITZ, K., "Traffic Behavior and On-Ramp Design." *HRB Bull. 235*, pp. 38-72 (1959).
5. KEESE, C. J., PINNELL, C., and MCCASLAND, W. R., "A Study of Freeway Traffic Operation." *HRB Bull. 235*, pp. 73-132 (1959).
6. CAPELLE, D. G., and PINNELL, C., "Capacity Study of Signalized Diamond Interchanges." *HRB Bull. 291*, pp. 1-25. (1961).
7. PINNELL, C., "Driver Requirements in Freeway Entrance Ramp Design." *Traffic Eng.*, Vol. 31, No. 3, pp. 11-17, 54 (Dec. 1960).
8. PINNELL, C., and CAPELLE, D. G., "Operational Study of Diamond Interchanges." *HRB Bull. 324*, pp. 38-72 (1962).
9. BERRY, D. S., ROSS, G. L. D., and PFEFER, R. C., "A Study of Left-Hand Exit Ramps on Freeways." *Highway Research Record No. 21*, pp. 1-16 (1963).
10. WORRALL, R. D., DRAKE, J. S., BUHR, J. H., SOLTMAN, T. J., and BERRY, D. S., "Operational Characteristics of Left-Hand Entrance and Exit Ramps on Urban Freeways." *Highway Research Record No. 99*, pp. 244-273 (1965).

LUKU 9

MOOTTORITIEET, PIKATIEET JA MOOTTORIKADUT

Moottoriteilla, pikateilla ja moottorikaduilla¹ pyritään sekä käyttäjien että teiden varrella sijaitsevien yhdyskuntien kannalta korkeaan palvelutasoon muodostamalla nopeita yhteyksiä, joilla ei ole ulkoisia häiriöitä. Häiriöt poistetaan estämällä suorat liittymismahdollisuudet viereisten maa-alueiden kanssa, antamalla liikkuvalle liikenteelle täten suosituisuusasema. Tästä johtuen tällaisten teiden liikennemäärä on suuri ja tällöin on joissakin tapauksissa etenkin kaupunkiseuduilla todettu, että verraten pian moottoritieverkon jonkin osan tultua rakennetuksi sen huippuliikennemäärät saattavat olla yhtä suuria tai suurempia kuin sen välityskyky. Vaikka nämä aikaisessa vaiheessa ilmenevät ruuhkautumiset osoittavat, että jotkut tien osat eivät toimi aiotulla palvelutasolla liikennehuippujen aikana, eivät ne kuitenkaan vähennä hyvän palvelutason merkitystä vuorokauden muina aikoina, jolloin jopa 80 % tien vuorokausiliikenteestä esiintyy.

Suunnittelijoiden on tunnettava moottoriteiden ja moottorikatujen liittymien välisten ja muiden häiriöttömien perusosuuksien toimintaominaisuudet samoin kuin ramppiiliittymien, sekoittumisalueiden ja muiden erikoiskohtien tälle toiminnalle asettamat rajoitukset. Tässä luvussa pyritään pääasiallisesti esittämään menetelmät, joilla määritetään moottoriteiden ja moottorikatujen perusosuuksien palvelutasojen välityskyvyt ja kokonaisvälityskyky. Luvussa käsitellään kuitenkin verraten laajasti myös niitä ratkaisuja, joilla voidaan vähentää eri syistä esiintyvää paikallista tai hetkellistä ylikuormitusta. Käytännön suunnittelussa, kun tunnetaan liikennetarvetta osoittava liikennemäärä, valitaan ensin haluttu palvelutaso, minkä jälkeen tien eri osat suunnitellaan tämän palvelutason edellyttämällä tavalla.

Jos moottoritien jokin osa toimii valittua palvelutasoa huonommin, saattaa se alentaa huomattavan pitkän moottoritieosan palvelutasoa. Täten siis kunkin tieosan toiminnan täytyy olla sopusoinnussa kaikkien muiden osien kanssa, minkä lisäksi on kiinnitettävä riittävästi huomiota liittyväs-
tä ja erkanevasta liikenteestä johtuviin liikennemäärien vaihteluihin eri tieosilla. Toiminnan tasapainoisuus ei kuitenkaan välttämättä edellytä, että käyttönopeudet tai ajo-olosuhteet olisivat kaikkialla samanlaisia. Tien käyttäjät hyväksyvät yleensä jonkin verran normaalia alhaisemmat nopeudet tien kriittisillä osilla, esim. jyrkissä nousuissa tai laskuissa, sekoittumisalueilla ja ramppiiliittymissä samoin kuin liittymissä yleensäkin.

Tässä luvussa esitetään joko suoranaisesti tai muihin lukuihin viitaten perusteet ja laskentamenetelmät, joilla voidaan määrittää sekä maaseudulla että kaupunkialueilla sijaitsevien moottoritie-, pikatie- tai moottorikatujaksojen palvelutasot ja välityskyvyt. Tiejaksoihin voi sisältyä sekä suoraan ajavien ajoneuvojen ajokaistoja että toiminnan kannalta kriittisiä alueita, kuten nousuja, sekoittumisalueita, liittymis- ja erkanemisramppeja sekä moottorikaduilla ja pikateillä tasoliittymiä.

Tässä luvussa käsitellään vain monikaistaisia teitä. Kaksikaistaiset liittymärajoituksella varustetut tiet käsitellään luvussa 10.

PERUSPALVELUTASOT

Nykyaikaisilla moottoriteilla ja moottorikaduilla pyritään luomaan hyvä palvelutaso suurille liikennemäärille. Koska moottoritiesuunnittelussa käytetään yleensä korkealuokkaisia elementtejä, on niistä useilla ainakin lähes ihanteellinen geometria. Täten siis moottoritiet vastaavat lähinnä luvussa 4 määriteltyjä ajoneuvoliikenteen kannalta "ihanteellisia" geometrisia olosuhteita, jotka edellyttävät, että tiellä on 3,6 m leveät ajokaistat, sivuesteitä ei esiinny ja pientareet ovat riittävät sekä että tie on suunniteltu vas-

¹Käsite "expressway" ei vastaa mitään suomalaista tietätyyppiä, mutta on luonteeltaan lähinnä moottoriliikennetietä etenkin maaseudulla. Käännöksessä käytetään termiä "pikatie" maaseutuolosuhteissa ja termiä "moottorikatu" kaupunkialueilla, jolloin sillä voi olla verraten useitakin tasoliittymiä.

taamaan 112 km/h:n (70 mph) keskimääräistä tienopeutta. "Ihanteellisia" liikenneolosuhteita, ts. olosuhteita, joissa kuorma-autoja ei ole, esiintyy kuitenkin vain harvoin. Tällaisilla teillä käytetty liittymärajoitus ja vain yhteen suuntaan liikennöidyt ajoradat vähentävät ulkoisista tekijöistä johtuvia rajoituksia ja vaaratekijöitä liikennevirrassa, jolloin tietyllä liikennemäärällä näiden teiden palvelutaso ja yleensä myös yhtä ajokaistaa kohti määritetty välityskyky on muita teitä korkeampi.

Luvussa 4 on monikaistaisten teiden välityskykyä si ihanteellisissa olosuhteissa määritetty keskimäärin 2000 hay/h ajokaistaa kohti, jolloin nopeus on suunnilleen 48 km/h (30 mph). Moottoriteillä välityskykyä vastaava nopeus on kuitenkin yleensä jonkin verran korkeampi, eli n. 56 km/h (35 mph). Joillakin harvoilla moottoriteillä keskimääräinen liikennemäärä on satunnaisesti ollut 2100 hay/h ajokaistaa kohti, jolloin nopeus on ollut 64 km/h (40 mph). Koska tällainen keskimääräinen liikennemäärä voidaan saavuttaa vain erittäin poikkeuksellisissa olosuhteissa, ei sitä voida pitää kohtuullisen todennäköisenä liikennemääränä, mikä on välityskyvyn määritelmässä edellytetty vaatimus.

Tasaisessa maastossa sijaitsevat geometrisesti korkealuokkaiset henkilöautotiet ovat käytännössä kaikkein lähimpänä ihanteellisia geometrisia ja liikenneolosuhteita, koska kuorma-autoilla ajo on näillä teillä kielletty. Täten henkilöautoilla on täysin mahdollista saavuttaa 2000 ajoneuvoa (kaikki henkilöautoja) tunnissa ajokaistaa kohti vastaava välityskyky. Nykyaikainen moottoritie voi myös päästä lähelle tätä välityskykyä, koska ainoat sitä alentavat tekijät ovat liikennevirrassa esiintyvät kuorma-autot ja pituuskaltevuudet. Täten luvussa 3 esitetyt (kuva 3.26, kuva 3.38, kuva 3.41 ja kuva 3.44) moottoriteiden nopeusjakautumat sekä nopeuden ja liikennemäärän suhteet ihanneolosuhteissa voivat vastata todellisia olosuhteita huomattavan monilla moottoriteillä.

Monia vanhoja ja alempiluokkaisilla elementeillä suunniteltuja moottoriteitä ja henkilöautoteitä on kuitenkin olemassa, ja niiden palvelutaso voi olla jatkuvasti hyvä. Näitä teitä tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon useita luvussa 5 käsiteltyjä tekijöitä, mm. ajokaistojen leveys, sivustesteiden sijainti, pientareiden rakenne sekä keskimääräinen tienopeus. Joissakin tapauksissa näiden vaikutus vaihtelee kyseessä olevasta palvelutasosta riippuen. Epäedullisesta tien geometriasta johtuen joillakin näistä teistä ei voida saavuttaa palvelutasoa A ja ääritapauksissa ei päästä edes palvelutasolle B. Edellä mainittu, luvussa 3 esitetyt käyrät eivät kuvaa tällaisia teitä, eikä niitä tästä syystä tulisi käyttää laskelmissa.

Käytännön seikoista johtuen on palvelutaso määritetty tiettyä tieosaa koskevaksi. Se siis kuvaa tarkasteltavan tieosan keskimääräisiä ajo-olosuhteita. Luvussa 4 esitettiin palvelutasoa määrittäessä huomioon otettavat tekijät, ja todettiin, että ajonopeus sekä liikennemäärän tai palvelutason välityskyvyn suhde kokonaisvälityskykyyn olivat käyttökelpoisimmat palvelutasoja kuvaavat suureet. Täten tässäkin luvussa määritetään palvelutasot ajonopeuden sekä siihen liittyvän liikennemäärän tai palvelutason välityskyvyn ja kokonaisvälityskyvyn suhteen perusteella.

Käyttönopeus määriteltiin vallitsevissa liikenneolosuhteissa korkeimmaksi turvallisesti nopeudeksi, jolla ajoneuvo voi liikennöidä ylittämättä kuitenkaan ohjenopeutta missään kohdassa. Käyttönopeus on siis periaatteessa teoreettinen nopeus, jota ei tavallisesti voida havaita todellisessa liikenteessä, joskin epäilemättä jotkut nopeat mutta huolelliset ajajat joskus ajavat likimäärin tällä nopeudella. Vapaan liikennevirran olosuhteissa alhaisilla liikennemäärillä moottoriteiden tai moottorikatujen käyttönopeus eli korkein turvallinen nopeus riippuu tien rakenteellisista ominaisuuksista. Liikennemäärien kasvaessa käyttönopeudet alenevat asteittain eri palvelutasoilla välityskykyä vastaavaan nopeuteen asti. Moottorikatujen käyttönopeuteen vaikuttavat tämän lisäksi myös esimerkiksi korkealuokkaisista tasoliittymistä johtuvat liikenteen pysähdykset, joita kuitenkin esiintyy verraten harvoin. Nopeuden kannalta määritetään eri palvelutasojen rajat joukolla erilaisia käyttönopeuden arvoja.

Seuraavassa esitetyt palvelutasojen rajoja vastaavat käyttösuhteen (v/c-suhteen) arvot perustuvat ihanteellisiin geometrisiin ominaisuuksiin, 112 km/h:n keskimääräiseen tienopeuteen ja koskevat teitä, joilla on kaksi ajokaistaa yhteen liikennöimissuuntaan. Tällä tavalla saadut arvot osoittavat siis itsenäiset liikennemäärän perusteella määritetyt palvelutasojen rajat. Käytännössä näiden arvojen käyttäminen heikottasoisia teitä koskevilla tarkasteluissa on kuitenkin epärealistista ja lähes hyödytöntä, koska ne tavallisesti osoittaisivat palvelutasojen välityskykyjen olevan huomattavasti korkeampia kuin mitä tiellä ko. palvelutasoa vastaavalla käyttönopeudella voidaan saavuttaa. Täten seuraavassa esitetyissä laskentamenetelmissä on annettu myös alhaisempia keskimääräisiä tienopeuksia vastaavia likimääräisiä käyttösuhteen "työarvoja". Vastaavasti voidaan käyttösuhteen perusarvoja jonkin verran korkeampia arvoja käyttää useissa tapauksissa, joissa yhteen ajosuuntaan on enemmän kuin kaksi ajokaistaa.

Liikennemäärä pysyy harvoin vakiona pitkäaikalla tieosalla. Yleensä liikennemäärä muuttuu liittyvien ja erkanevien ramppien kohdalla. Täten siis liikennemäärän suhde palvelutason välityskykyyn

tai kokonaisvälityskykyyn vaihtelee tien eri osilla. Jokaista tieosaa ja jokaista välityskyvyn kannalta kriittistä kohtaa on erikseen verrattava valittuun palvelutasoon ja suunniteltava geometria siten, että ajo-olosuhteet pysyvät tasaisina. Jos liikennemäärä jossakin kohdassa on välityskykyä suurempi, muodostuu tähän kriittinen kohta, ja se saattaa alentaa palvelutasoa pitkälle ylävirran suuntaan. Jos liikennemäärä ylittää vain jonkin kokonaisvälityskykyä alemman palvelutason välityskyvyn, saattaa tällaisesta kohdasta ylä- ja alavirtaan aiheutuva vaikutus olla hyvin pieni.

Sekä maaseudulla että kaupunkialueilla sijaitsevilla moottoriteillä käytetään samoja perusteita mutta eri tapauksissa voidaan suunnittelun lähtökohdaksi valita eri palvelutasot. Täten siis moottoritien välityskyvyn tai palvelutasojen määrittämismenetelmät ovat periaatteessa samanlaisia maaseutu- ja kaupunkiolosuhteissa eron ollessa vain eri palvelutasojen soveltamisessa.

Seuraavassa esitetään ajo-olosuhteiden peruspiirteet eri palvelutasoilla.

Palvelutaso A

Häiriytymätön liikennevirta määritellään olosuhteiksi, joissa muut liikenteessä olevat ajoneuvot eivät vaikuta merkittävästi toisiin ajoneuvoihin ja joissa ajonopeus riippuu yksityisen ajajan tahdosta ja tien suunnittelulementeistä.

Palvelutasolla A liikennevirta on häiriytymätön ja ajonopeudet vähintään 96 km/h (60 mph). Nämä olosuhteet edellyttävät siis, että käyttönopeudet ovat enintään 16 km/h (10 mph) alhaisempia kuin alhaisilla liikennemäärillä ihanteellisissa geometrisissa olosuhteissa mahdollinen nopeus. Palvelutason A välityskyky on 1400 hay/h kahdella samaan suuntaan liikennöidyillä ajokaistalla yhteensä ihanneolosuhteissa (eli keskimäärin 700 hay/h ajokaistaa kohti). Häiriytymätön liikennevirta saattaa esiintyä myös suhteellisen heikotasoisinkin elementein suunnitelluilla pikateillä ja moottorikaduilla edellyttäen, että liikennemäärät ovat riittävän alhaisia. Liikennöiminen tapahtuu kuitenkin moottoriteillä havaittuja nopeuksia alhaisemmilla nopeuksilla. Jos häiriytymättömässä liikennevirrassa käyttönopeudet pääliikennesuunnan ajokaistoilla ovat alle 96 km/h (60 mph), eivät olosuhteet vastaa palvelutasoa A, eikä tätä palvelutasoa siis voida kyseisellä tiellä saavuttaa. Nopeusrajoitukset vaikuttavat todennäköisimmin keskimääräisiin nopeuksiin juuri palvelutasolla A.

Nelikaistaisilla moottoriteillä, joilla on kaksi ajokaistaa kumpaankin suuntaan, on todettu, että muun liikenteen vaikutus yksittäisen ajoneuvon nopeuteen tulee merkitseväksi, kun liikennemää-

rä on noin 35 % tai kolmasosa välityskyvystä. Nopeammin ajavat eivät tällöin enää mielellään käytä oikeata ajokaistaa, koska he pelkäävät jäävänsä "pussiin" tätä ajokaistaa pitkin hitaammin ajavan ajoneuvon perään silloin kun nopeammin ajavista ajoneuvoista muodostunut ryhmä ohittaa hitaan ajoneuvon.

Nopeuden ja liikennemäärän välisiä suhteita osoittavat käyrät eivät ehkä riittävästi kuvaa em. ilmiötä. Vasenta ajokaistaa käyttävät nopeiden ajoneuvojen ryhmät saattavat edelleen ajaa lähes haluamallaan käyttönopeudellaan, mutta hitaammat sekä niiden perään oikealle ajokaistalle jääneet ajoneuvot ajavat jonkin verran hitaammin. Kun liikennemäärä on n. 35 % välityskyvystä, saattaa verraten pitkinä ajanjaksoina vain yksittäinen eli "vapaasti liikkuva" ajoneuvo ohittaa hitaita ajoneuvoja, kun taas toisina aikoina kummallakin ajokaistalla esiintyy ajoneuvoryhmiä, joissa aikavälit ovat hyvin pienet. Tällä liikennemäärällä noin puolet ajoneuvoista liikennöi häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa, mutta toista puolta muut ajoneuvot häiritsevät. Tällaiset ajo-olosuhteet vastaavat häiriytymättömän ja vakaan liikennevirran rajaa samalla kun se ovat palvelutason A ja palvelutason B välisenä rajana.

Jos moottoritiellä on kolme tai useampia ajokaistoja yhteen suuntaan hitaasti ajavien ajoneuvojen vaikutus koko liikennevirtaan vähenee. Todennäköisyys, että hitaammat ajoneuvot häiritisivät niiden rinnalla ajavaa liikennevirtaa alenee huomattavasti, ja ajovapaus ja ohittamismahdollisuudet kasvavat selvästi. Tämän vuoksi palvelutasolla A jokainen kahden perusajokaistan lisäksi rakennettu ajokaista kasvattaa palvelutason välityskykyä yhteen liikennöintisuuntaan noin 1000 hay/h eli siis noin 1,5 kertaa kahden ensimmäisen ajokaistan keskimääräisellä liikennemäärällä ajokaistaa kohti. Tämä tehokkuuden kasvu ilmenee myös jonkin verran korkeampana palvelutason välityskykynä laskettuna prosenteissa kokonaisvälityskyvystä, mikä siis oli 35 % kaksikaistaisilla ajoradoilla.

Palvelutaso B

Palvelutasolla B ajonopeudet muodostavat vakaan liikennevirran ylemmän nopeusalueen. Moottoriteillä ja moottorikaduilla käyttönopeus on vähintään 88 km/h (55 mph), minkä lisäksi tällä palvelutasolla kahden ajokaistan liikennemäärä ei saa olla yli 50 % liikenteenvälityskyvystä. Täten palvelutason korkein välityskyky kahdella samaan suuntaan liikennöidyillä ajokaistalla yhteensä on ihanneolosuhteissa 2000 hay/h (eli keskimäärin 1000 hay/h ajokaistaa kohti). Ellei tämä liikennemäärä voi liikkua 88 km/h:n (55 mph) käyttönopeudella, ei palvelutasoa B saavuteta.

Kun liikennemäärä on puolet liikenteenvälityskyvystä, on mahdollisuus häiriytymättömän liikennevirran muodostumiseen palvelutasoa A rajoitetumpi. Eri ajokaistoilla ajavien ajoneuvojen nopeudet poikkeavat edelleen merkittävästi toisistaan, mutta korkein mahdollinen käyttönopeus on noin 75 - 90 % häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa saavutettavasta nopeudesta. Nopeus riippuu tällä palvelutasolla pääasiassa liikennetiheydestä ja tällä perusteella voidaan määrittellä palvelutasojen B ja C välinen raja.

Kuten palvelutasolla A, kukin lisäkaista normaalien kahden ajokaistan lisäksi kasvattaa palvelutason välityskykyä noin 1.5 kertaisella ensimmäisten kahden ajokaistan keskimääräisellä välityskyvylä, eli tässä tapauksessa noin 1500 hay/h lisättyä ajokaistaa kohti.

Palvelutaso C

Liikennemäärän kasvaminen edelleen alentaa käyttönopeuksia, jolloin joudutaan palvelutasolle C. Tällä palvelutasolla ajo-olosuhteet kuuluvat edelleen vakaan liikennevirran ryhmään, mutta ne ovat muodostuneet niin kriittisiksi, että on tarkasteltava myös tuntia lyhyempien ajanjaksojen liikennemääriä, mikä ei ollut tarpeen palvelutasoilla A ja B. Moottoriteillä on tavanomainen ajanjakso tällaisissa tarkasteluissa 5 minuuttia. Palvelutaso C edellyttää, että käyttönopeudet ovat vähintään 80 km/h (50 mph) sekä että kahden samaan suuntaan liikennöidyn ajokaistan kokonaisliikennemäärä on alle 75 % ajokaistojen välityskyvystä, kun liikennemäärä on määritetty 5 minuutin ajanjaksojen perusteella asianmukaista huipputuntikerrointa käyttäen. Edelleen ei kahden ajokaistan vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin perusteella laskettu redusoitu tuntiliikenne ihanneolosuhteissa voi olla suurempi kuin 3000 hay/h yhteensä (eli keskimäärin 1500 hay/h ajokaistaa kohti).

Huipputunnin sisäisiä katkeamattoman liikennevirran vaihteluita on käsitelty luvuissa 3, 5 ja 8. On todettu, että 5 minuutin perusteella laskettu redusoitu tuntiliikenne on aina korkeampi kuin koko tunnin liikennemäärä. Tämä johtuu sekä näiden 5 minuutin jaksojen luonnollisesta tilastollisesta vaihtelusta että liikennetarpeen vaihtelemisesta. Moottoriteillä, pikateillä ja moottorikaduilla huipputuntikerroin on määritetty koko huipputunnin liikennemäärän ja vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin jakson perusteella määritetyn redusoidun tuntiliikenteen (eli 12 kertaa 5 minuutin liikennemäärän) suhteeksi. Suurilla, yli miljoonan asukkaan kaupunkiseuduilla huipputuntikerroin on noin 0.91. Jos kaupunkiseudun asukasluku on 500 000 - 1 000 000, voidaan huipputuntikertoimena käyttää arvoa 0.83, ja alle 500 000 asukkaan kaupunkiseuduilla on tyydyttäväksi huipputuntikertoimeksi todettu 0.77.

Edellisen perusteella seuraa, että jos palvelutasolla C nelikaistaisen moottoritien toisen suunnan liikennemäärä vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin perusteella määritettynä on alle 3000 ajon./h suurilla kaupunkiseuduilla ($HTK = 0.91$), on tämän liikennesuunnan koko tunnin liikennemäärä alle 2750 hay/h (3000×0.91). Vastaavasti pienehköillä kaupunkiseuduilla ($HTK = 0.77$) liikennemäärä on alle 2300 hay/h yhdellä liikennesuunnalla koko tunnin aikana (3000×0.77). Jos edellä lasketut liikennemäärät ylittyvät, alenee palvelutason C saavuttamistodennäköisyys yhtä paljon kummallakin alueella. Kun moottoriteiden ja moottorikatujen liikennemäärät ovat noin 75 % välityskyvystä (liikenteen huippuuntuminen huomioon ottaen), saavutettavissa olevat käyttönopeudet ovat noin $2/3$ häiriytymättömän liikennevirran käyttönopeuksista. Eri ajokaistoilla liikennöivien ajoneuvojen määrien ja nopeuksien erot ovat yhä merkitseviä, nopeuserot ovat suuruusluokkaa 8 km/h (5 mph) ja liikennemäärien erot useita satoja ajoneuvoja tunnissa. Jos ajaja haluaa ajaa mahdollisimman nopeasti, on hänen lähes jatkuvasti käytettävä vasenta ajokaistaa, jolla keskimääräiset aikavälit ovat n. 2 sekuntia. Liikennemäärä tällä palvelutasolla lähestyy korkeinta arvoa, jota voidaan ylläpitää pitkäköjä ajanjaksoja siten, etteivät hetkelliset häiriöt aiheuta kohtuutonta viivästystä. Tällaiset olosuhteet määrittelevät palvelutasojen C ja D välisen rajan.

Jos samaan liikennöintisuuntaan on käytettävissä vain kaksi ajokaistaa, hitaammat ajajat käyttävät yleensä jatkuvasti oikeata ajokaistaa. Jos ajokaistoja on kuitenkin enemmän, myös jotkut hitaat ajajat saattavat pyrkiä välttämään oikeata ajokaistaa liittyvästä ja erkanevasta liikenteestä johtuvien häiriöiden takia, ja siirtyä muille ajokaistoille niiden vuoksi. Täten teillä, joilla on yli kaksi ajokaistaa samaan liikennöintisuuntaan, ei lisäkaistojen aiheuttama tehokkuuden lisäys palvelutasolla C ole aivan yhtä suuri kuin palvelutasoilla A ja B, ja kukin lisätty ajokaista kasvattaa huippuliikenteen välityskykyä noin 1.2 kertaa kahden alkuperäisen ajokaistan keskimääräisen välityskyvyn verran, eli 1800 hay/h.

Palvelutaso D

Samoin kuin palvelutasolla C, on myös palvelutasolla D moottoritien liikennemääriä käsiteltäessä huipputuntikerroin otettava aina huomioon.

Palvelutaso D vastaa vakaan liikennevirran alinta nopeusaluetta. Liikennemäärät ovat korkeampia kuin palvelutasolla C ja liikenneolosuhteet lähestyvät epävakaita ja ovat hyvin herkkiä muutoksille. Käyttönopeudet ovat yleensä suunnilleen 64 km/h (40 mph) ja palvelutason "redusoitu" tuntiliikenne enintään 90 % kokonaisvälityskyvystä (palvelutason välityskyky saadaan tässäkin tapauk-

sessä käyttämällä asianmukaista huipputuntikerrointa). Ihanneolosuhteissa ei nelikaistaisen moottoritien vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin jakson perusteella määritetty redusoitu tuntiliikenne saa olla yli 3600 hay/h molemmilla ajokaistoilla yhteensä (eli keskimäärin 1800 hay/h ajokaistaa kohti).

Lukuunottamatta tapauksia, joissa tiellä on saatu aikaan täysin tasapainoinen geometria, mahdolliset häiriöpisteet vaikuttavat tällä palvelutasolla edellisiä huomattavasti selvemmin liikenteen sujuvuuteen. Liikenneolosuhteet tällaisissa pisteissä saattavat vastata lähes välityskyvyn olosuhteita, vaikka niiden välillä säilyykin ainakin osittainen ajovapaus. Nämä häiriöpisteet eli mahdolliset "pullonkaulat" alkavat täten säädellä koko tieosan liikennemäärää. Tämän vuoksi suunnitelmien ei normaalisti tulisi perustua tälle palvelutasolle.

Eräs liikennevirran perusominaisuus näyttää olevan, että kun keskimääräiset aikavälit pitkäköillä ajanjaksoilla ovat alle 2 sekuntia, liikenteessä lähes varmasti esiintyvät hetkelliset vaihtelut tai häiriöt vaikuttavat haitallisesti ajo-olosuhteisiin. Tätä aikaväliä vastaava liikennemäärä on keskimäärin 1800 ajon./h ajokaistaa kohti (eli 90 % yhden liikennesuunnan välityskyvystä) ajokaistojen lukumäärästä riippumatta. Kahden peruskaistan lisäksi rakennetut ajokaistat eivät siis enää lisää keskimääräistä tehokkuutta ajokaistaa kohti. Kaikkien ajokaistojen liikennetiheydet ovat suunnilleen samansuuruisia ajokaistojen lukumäärästä riippumatta, joskin vasemmanpuoleisilla ajokaistoilla nopeudet sekä niistä riippuva palvelutason välityskyky saattavat olla hieman muita ajokaistoja korkeampia. Tällaiset olosuhteet määrittelevät moottoritien ja moottorikadun tasaisen toiminnan siedettävät rajat pitkäköinä ajanjaksona, ja samalla ne muodostavat palvelutasojen D ja E, eli vakaan ja epävakaan liikennevirran välisen rajakohdan.

Palvelutaso E

Palvelutasolla E liikennevirta on epävakaata, käyttönopeudet ovat noin 48-56 km/h (30-35 mph), ja liikennemäärät lähestyvät välityskykyä, eli 2000 hay/h ajokaistaa kohti ihanneolosuhteissa. Palvelutason välityskyky riippuu lähes täysin kriittisten kohtien välityskyvystä ja nämä kohdat määrittävät välitettävän liikennemäärän. Koska liikennetarve ei kuitenkaan ole huomattavasti välityskykyä korkeampi, ei pitkiä jonoja yleensä muodostu. Käyttönopeudet saattavat olla joko verraten tasaisia ja suuruudeltaan noin puolet häiriytymättömän liikennevirran käyttönopeudesta koko tiejaksolla tai vaihtelevia liikenteen häiriytymiskohdista ylävirtaan. Tällaiset häiriökohdat voivat olla joko pysyviä (tien geometriasta riippuvia) tai tilapäisiä, kuten esimerkiksi vähäisistä onnetto-

muuksista tai rikkoutuneista ajoneuvoista johtuvia. Liikennemäärät vaihtelevat tuntia lyhyempinä ajanjaksoina suhteellisen vähän, koska peräkkäiset rajoittavat kohdat tavallaan säätelevät liikennemäärää, mutta jonkin verran vaihtelua kuitenkin esiintyy. Poikkeustapauksia lukuunottamatta voidaan liikenne tiellä tällaisista vaihteluista huolimatta välittää. Tien käyttäjistä palvelutaso tuntuu kuitenkin hyvin huonolta, koska pysähdysten tullessa toistuviksi niiden vaikutus yleensä kumuloituu, on yhä häiritsevämpi ja lopulta niin jatkuva, että liikenneolosuhteet muuttuvat "pakotetun" liikennevirran olosuhteiksi. Tämä tilanne määrittelee palvelutasojen E ja F välisen rajan.

Vaikka palvelutasolla E liikennevirta on epävakaata, esiintyy tällaisia olosuhteita useilla moottoriteillä huippuliikenteen aikoina erityisesti jos liikennemäärät kasvavat vähitellen. Suunnittelun ei kuitenkaan koskaan tulisi perustua tälle tasolle.

Palvelutaso F

Tämä palvelutaso vastaa "pakotetun" liikennevirran olosuhteita, joissa tielle muodostuu "pullonkaulojen" aiheuttamia seisovien ajoneuvojen jonoja. Käyttönopeus vastaa korkeimmillaan välityskyvyn tasoa (eli suunnilleen 48 km/h (30 mph)), liikenne on välillä "nykivää", ja äärimmäisissä ruuhkautumistapauksissa koko liikennevirta voi pysähtyä. Liikennemäärät vaihtelevat huomattavasti riippuen pääasiassa tarkastelukohdasta alavirtaan olevan tieosan välityskyvystä. Palvelu ei ole hyväksyttävä.

Kun liikennemäärä kasvaa äkillisesti, ajo-olosuhteet saattavat hyvin usein muuttua suoraan palvelutasolta D "pakotetuksi" liikennevirraksi palvelutasolle F, jolloin palvelutasoa E ei esiinny ollenkaan. Neli-, kuusi- ja kahdeksankaistaisen moottoriteiden, pikateiden ja moottorikatujen eri palvelutasot on kuvattu taulukossa 9.1 katkeamattoman liikennevirran ihanneolosuhteissa. Taulukossa on esitetty eri palvelutasojen käyttönopeuden ja käyttösuhteen raja-arvot sekä ihanteellisissa että niitä huonommissa geometrisissa olosuhteissa, vastaavat palvelutasojen maksimivälityskyvyt sekä huippuliikenteet.

LASKELMISSA HUOMIOON OTETTAVIA KRIITTISIÄ SEIKKOJA

Edellä käsiteltiin liikenteen palvelutasoja moottoriteillä, pikateillä ja moottorikaduilla pääasiassa pääliikennesuunnan jatkuvien ajokaistojen kannalta olettaen, että tie sijaitsee tasaisessa maastossa, sen pysty- ja vaakageometria on hyvä, tiellä ei ole liittyviä eikä erkanevia ramppeja tai muita erikoisrakenteita, minkä lisäksi sitä käyttävät vain henkilöautot. Teksti siis

Taulukko 9.1 MOOTTORITEIDEN JA MOOTTORIKATUJEN PALVELUTASOT JA NIIDEN VÄLITYSKYVYT KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRRAN OLOSUhteissa

	LIIKENNEVIRRRAN OLOSUhteET		KÄYTTÖSUHDE (PALVELUTASON VÄLITYSKYVYN JA KOKONAI-SVÄLITYSKYVYN SUHDE) ^a					PALVELUTASOJEN VÄLITYSKYKY IHANNEOLOSUhteISSA, KUN KESKIMÄÄRÄINEN TIENOPEUS ON 112 km/h (HAY/H YHTEEN LIIKENNESUUNTAAN)															
PAL-VE-LU-TASO	TYYppi	KÄYTTÖ-NOPEUS ^a km/h	PERUSARVO, KUN KESKIMÄÄRÄINEN TIENOPEUS ON 112 km/h			"TYÖARVOT ALEM-MILLE KESKIMÄÄ-RÄISILLE TIE-NOPEUKSILLE		NELIKAISTAISET TIET (2 AJO-KAISTAA MOL. SUUNTAAN)				KUUSIKAISTAISET TIET (3 AJO-KAISTAA MOL. SUUNTAAN)				KAHDEKSANKAISTAI-SET TIET (4 AJO-KAISTAA MOL. SUUNTAAN)				KUKIN NELJÄN JÄL-KEEN LISÄTTY AJO-KAISTA YHTEEN LIIKENNESUUNTAAN			
			NELIKAIS-TAISET TIET (2 AJOKAIS-TAA MOL. SUUNTAAN)	KUUSIKAIS-TAISET TIET (3 AJOKAIS-TAA MOL. SUUNTAAN)	KAHDEKSAN-KAISTAISET TIET (4 AJOKAISTAA MOL. SUUNT)	96 km/h	80 km/h																
A	HÄIRIYTY-MÄTÖN LII-KENNEVIRTA	≥96	≤0.35	≤0.40	≤0.43	- ^b	- ^b	1400				2400				3400				1000			
B	VAKAA LII-KENNEVIRTA (KORKEAMPI NOPEUSALUE)	≥88	≤0.50	≤0.58	≤0.63	≤0.25	- ^b	2000				3500				5000				1500			
	HUIPPUTUNTIKERROIN (HTK) ^c							0.77	0.83	0.91	1.00 ^d	0.77	0.83	0.91	1.00 ^d	0.77	0.83	0.91	1.00 ^d	0.77	0.83	0.91	1.00 ^d
C	VAKAA LII-KENNEVIRTA	≥80	≤0.75 (HTK)	≤0.80 (HTK)	≤0.83 (HTK)	≤0.45 (HTK)	- ^b	2300	2500	2750	3000	3700	4000	4350	4800	5100	5500	6000	6600	1400	1500	1650	1800
D	LÄHES EPÄ-VAKAA LII-KENNEVIRTA	≥64	≤0.90 (HTK)			≤0.80 (HTK)	≤0.45 (HTK)	2800	3000	3300	3600	4150	4500	4900	5400	5600	6000	6600	7200	1400	1500	1650	1800
E ^f	EPÄVAKAA LIIKENNE-VIRTA	48-56 ^e	≤1.00					4000 ^e				6000 ^e				8000 ^e				2000 ^e			
F	"PAKOTETTU" LIIKENNE-VIRTA	< 48	← EI MERKITYSTÄ →					← Vaihtelee huomattavasti (nollasta välityskykyyn) →															

^aKäyttönopeus ja käyttösuhte kuvaavat palvelutasoa toisistaan riippumatta, kummankin arvon tulee toteutua.^bPalvelutason edellyttämää käyttönopeutta ei voida saavuttaa edes alhaisilla liikennemäärillä.^cMoottoriteillä huipputuntierroin on korkeimman tuntiliikenteen suhte vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin perusteella laskettuun redusoituun tuntiliikenteeseen.^dHuipputuntierroin ei yleensä saavuta arvoa 1.00, nämä arvot vastaavat lähinnä vilkkaimmin liikennöidyn 5 minuutin perusteella laskettua redusoitua tuntiliikennettä.^eLikimäärin.^fVälityskyky.

kuvasi tien palvelutasoa yleisesti ja siihen sisältyi vain lyhyt maininta tiejakson eri elementeilä edellytetystä tasapainaisuudesta.

Todelliset tie- ja liikenneolosuhteet tien eri pisteissä eivät ole samanlaisia, vaikka useimmilla moottoriteillä geometrinen ominaisuuksien voidaan olettaa olevan jatkuvasti kohtalaisen korkealuokkaisia. Liikennemäärien ollessa kohtalaisia tai suuria ajo-olosuhteet vaihtelevat tien eri osilla tien rakenteesta, liikennetarpeen vaihtelusta, ajoneuvojen toisilleen sekoittumis- ja liittymisalueilla aiheuttamista häiriöistä sekä liikenteen ohjauksesta riippuen. Kussakin tällaisessa kohdassa on ajo-olosuhteiden vaikutus tien välityskykyyn ja palvelutasoon tutkittava. Ellei vähintään haluttua palvelutasoa saavuteta tien jokaisessa kohdassa, alentaa tällainen kohta ajo-olosuhteet toivottua tasoa huonommiksi usein jopa pitkällä tiejaksoilla. Ääritapauksessa, kun tien halutaan toimivan välityskyvyn tasolla, jokainen häiriökohta alentaa välityskykyä (muodostuu "pullonkaulaksi") ja estää tiejakson muidenkin osien tehokkaan käytön. Jos siis halutaan selvittää moottoritien palvelutaso, on kukin tiejaksolla esiintyvä mahdollinen häiriökohta tutkittava.

Kunkin kriittisen kohdan toimintaominaisuuksien ja siten sen geometrian tulisi vastata ainakin koko tielle valittua palvelutasoa. Ihannetapauksessa tämä sopusointu edellyttäisi palvelutason täydellistä yhdenmukaisuutta kaikissa pisteissä, mutta tämä ei ole aina käytännössä mahdollista. Tämän vuoksi tiejakson keskimääräinen palvelutaso tulee muodostaa sellaiseksi, että kussakin kriittisessä kohdassa toimivuus vastaa vähintään valittua minimipalvelutasoa. Tästä johtuen tiejakson joillakin osuuksilla palvelutaso on jonkin verran korkeampi kuin häiriökohdissa, vaikkaakaan ei välttämättä niin korkea, että se kuuluisi seuraavaan palvelutasoon. Kahden peräkkäisen tieosan palvelutasoissa ei koskaan saisi olla enempää kuin yhden palvelutasoluokan ero.

Seuraavat tapaukset on yleensä tutkittava: Liikennemäärän äkillinen kasvu (liittymisramppien tai sekoittumisalueiden kohdalla), tieolosuhteiden muutoksesta johtuvat häiriökohdat (mm. kohdat, joissa ajokaistojen lukumäärä alenee, erkanemisramppien kohdat, nousut ja sekoittumisalueet), liikenteen koostumuksessa tapahtuvat muutokset (kuorma-autojen osuuden muutokset), epäedullisten geometrinen olosuhteiden vaikutukset (jyrkät kaartteet) sekä liikenteenohjauslaitteilla aikaansaadut liikenneolosuhteiden muutokset (moottorikatujen tasoliittymissä). Monia näistä tapauksista tarkastellaan seuraavassa tekstissä. Luettelo ei kuitenkaan ole täydellinen, koska kaikki geometriset olosuhteet, liikenteenohjauslaitteet tai muut tien varrella esiintyvät teki-

jät, jotka vaikuttavat liikennevirran ominaisuuksiin tai muuttavat niitä jollakin tavalla tulisi ottaa huomioon. Esimerkiksi moottoriteillä esiintyvät pitkät siltojen tms. alitukset, joissa ajajille muodostuu "tunnelivaikutelma", vaikuttavat tunnetusti alentavasti moottoritien liikennevirran laatuun.

Vaikein ongelma palvelutasoltaan haluttua alemman kohdan havaitsemisen jälkeen on geometrian tai olosuhteiden muuttaminen sellaisiksi, että haluttu palvelutaso saavutetaan. Tällaisia muutoksia suunniteltaessa on ensimmäiseksi otettava huomioon, että liikennemäärät eivät koskaan saa olla korkeampia kuin valitun palvelutason välityskyky, jos ko. palvelutaso halutaan ylläpitää jatkuvasti. Joissakin tapauksissa saattaa suunnitteluperusteeksi valitun palvelutason ylläpitäminen joidenkin tiejaksolla olevien häiriö pisteiden kohdalla tuntua epätarkoituksenmukaiselta. Vaikka liikenne tällaisessa kohdassa pysyykin jatkuvasti liikkeessä eikä jonoja muodostu niin kauan kun liikennemäärä on kunkin pisteen välityskykyä pienempi, tapahtuu liikennöinti aina alunperin haluttua alemmalla palvelutasolla ainakin jonkin matkaa. Ääritapauksessa, kun liikennemäärä on tien jonkin kohdan välityskykyä suurempi, liikenne kuitenkin pysähtyy ja jonoja alkaa muodostua tällaisesta kohdasta ylävirtaan eikä häiriökohdan vaikutusalueella olevalle tiejaksolle lasketuilla palvelutason välityskyvyillä ole merkitystä. Tällä häiriökohdasta ylävirtaan olevalle tiejaksolla palvelutasot tai korkeimmat mahdolliset liikennemäärät eivät riipu tiejakson geometrisista olosuhteista, vaan ainoastaan häiriökohdan välityskyvystä ja sen liikenteen sujuvuudelle asettamista rajoituksista.

Tiellä ei saisi esiintyä sellaisia ajoneuvojen välisiä häiriöitä, jotka muuttavat liikennevirran ajo-olosuhteita äkillisesti. Jos nopeuksia joudutaan alentamaan tai ajoneuvot joutuvat pysähtymään liikennemäärän ollessa korkea, nämä häiriöt vaikuttavat liikennevirtaan kumuloituvasti. Kun liikenne häiriökohdassa joutuu pysähtymään ja tämä pysähtyminen "etenee" taaksepäin liikennevirrassa, muodostuu siitä liikkuva häiriökohta, jonka välityskyky riippuu niistä minimiaikaväleistä, joilla ajoneuvot pysähtymisen jälkeen voivat lähteä liikkeelle. Siksi on tärkeätä, että potentiaalisesti kriittiset kohdat tutkitaan ottamalla em. seikat huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja suunnitelma laaditaan siten, että näiden kohtien vaikutus on mahdollisimman pieni.

Tasoliittymät, joita toisinaan esiintyy moottorikaduilla mutta ei koskaan moottoriteillä, ovat esimerkki välttämättömistä kiinteistä liikenteen katkeamakohtista. Sellaisenkin moottorikadun osan, jolla liikenteen katkeamakohtia ei esiinny, korkein välitetty liikennemäärä tasoliittymien vä-

lisellä osalla ei voi olla koskaan suurempi kuin liittymään tulevan kadunosan välityskyky, ellei kadunosalla ole muita erkanemiskohtia. Vastavasti ei tällaisen tieosan liikennemäärä voi myöskään olla korkeampi kuin edellisen tieosan syöttämä liikennemäärä, kun tieosalle ei ole muita saapumiskohtia. (On luonnollisesti mahdollista, että edelliseltä tieosalta saapuu seuraavalle tieosalle tämän välityskykyä korkeampi liikennemäärä, jolloin jälkimmäiselle tieosalle muodostuu jonoja.)

Ajokaistojen leveys ja sivuesteet

Ajokaistojen kapudesta tai sivuesteistä johtuvia häiriöitä, joita käsiteltiin luvussa 5, ei yleensä tarvitse ottaa huomioon useimmilla uusilla moottoriteillä tai moottorikaduilla, koska niiden suunnitteluelementit ovat yleensä korkealuokkaisempia kuin välityskyky edellyttää. Tällaisia häiriöitä esiintyy kuitenkin joillakin vanhoilla moottoriteillä, joiden ajokaistat ovat esimerkiksi 3.0 m (10 ft) tai 3.3 m (11 ft) leveitä, tai joilla maatuet ja muut rakenteet ovat lähellä varsinaista ajorataa. Taulukossa 9.2 on esitetty korjauskertoimet, joita käyttämällä voidaan ottaa huomioon tällaisten rajoitusten vaikutus.

Korjauskertoimien arvoja tarkastelemalla todetaan,

että mainitut häiriöt ovat jonkin verran suurempia kuusi- tai kahdeksankaistaisilla moottoriteillä kuin nelikaistaisilla teillä, mikä johtuu siitä, että monikaistaisilla teillä kapeammissa kohdissa vierekkäisillä ajokaistoilla olevat ajoneuvot saattavat häiritä toisiaan enemmän kuin kaksikaistaisilla teillä. Koska kuusi- ja kahdeksankaistaisen moottoriteiden keskimääräinen ajokaistaa kohti laskettu välityskyky on kuitenkin ihanneolosuhteissa suurempi kuin nelikaistaisilla moottoriteillä, ei näiden häiriöiden jonkin verran suurempi vaikutus ole yleensä havaittavissa käytännön tehtävien ratkaisuisissa.

Erityisesti vanhoilla moottoriteillä, joilla jatkuva keskikaistalla tai ajoradan oikealla puolella oleva suojakaide on lähempänä kuin maksimivälityskyvyn edellyttämän 1.8 metrin päässä ajoradan reunasta, tulisi näitä korjauskertoimia kuitenkin käyttää harkiten. Kuten luvussa 5 mainittiin, näyttää siltä, että moottoriteitä säännöllisesti käyttävät ajajat tottuvat nopeasti tällaisiin jatkuviin sivuesteisiin, jolloin taulukossa 9.2 esitettyjen korjauskertoimien vaikutus on liian suuri. Vaikka siis korjauskertoimen käyttö sellaisenaan näyttää asianmukaiselta "yllättävissä" tai vaarallisissa kohdissa, olisi korjauksen ehkä oltava harkinnanvaraisesti pienempi sivuesteen muodostuessa jatkuvista liikenneturvallisuuksiin silmälläpitäen suunnitelluista rakenteista.

Taulukko 9.2 MOOTTORITEIDEN JA MOOTTORIKATUJEN AJOKAISTOJEN LEVEYDEN JA SIVUESTEIDEN YHTEISVAIKUTUS VÄLITYSKYKYYN JA PALVELUTASOJEN VÄLITYSKYKYIHIN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRAN OLOSUHTEISSA

SIVUESTEEN ETÄISYYS AJOKAISTAN REUNASTA (m)	AJOKAISTOJEN LEVEYDESTÄ JA SIVUESTEISTÄ JOHTUVA KORJAUSKERROIN ^a W							
	SIVESTE YKSISUUNTAISEN TIEN YHDELLÄ PUOLELLA				SIVESTEITÄ YKSISUUNTAISEN TIEN MOLEMMILLA PUOLILLA			
	AJO- KAISTAT 3.6 m	AJO- KAISTAT 3.3 m	AJO- KAISTAT 3.0 m	AJO- KAISTAT 2.7 m	AJO- KAISTAT 3.6 m	AJO- KAISTAT 3.3 m	AJO- KAISTAT 3.0 m	AJO- KAISTAT 2.7 m
a) NELIKAISTAINEN KAKSIAJORATAINEN TIE, YKSI LIIKENNESUUNTA								
1.8	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
1.2	0.99	0.96	0.90	0.80	0.98	0.95	0.89	0.79
0.6	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
0	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
b) KUUSI- JA KAHDEKSANKAISTAISET KAKSIAJORATAISET TIET, YKSI LIIKENNESUUNTA								
1.8	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
1.2	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
0.6	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
0	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

^a Korjauskertoimet ovat samat kaikilla palvelutasoilla.

Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet

Koska kuorma- ja linja-autot ovat kooltaan henkilöautoja suurempia, vievät ne enemmän tilaa jopa tasaisessa maastossa, ja niiden vaikutukset moottoritien palvelutasojen välityskykyihin ja kokonaisvälityskykyyn täytyy aina ottaa huomioon. Vaikka kuorma- ja linja-autojen vaikutus on suhteellisen pieni tasaisilla teillä, tulee se merkittäväksi pituuskaltevissa kohdissa.

Kuten luvussa 5 esitettiin, arvostellaan moottoriteillä ja niitä vastaavilla teillä olevien pituuskaltevuuksien vaikutuksia palvelutasojen välityskykyihin ja kokonaisvälityskykyyn pääasiassa tutkimalla niiden vaikutusta kuorma- ja linja-autojen ajo-olosuhteisiin. Kuorma- ja linja-autojen kokonaisvaikutus pitkäköillä tieosalla on erilainen kuin tieosalla esiintyvässä yksittäisessä pituuskaltevassa kohdassa.

Taulukossa 9.3a on esitetty kuorma-autojen yleiset keskimääräiset henkilöautoekvivalentit pitkäköillä moottoritiejaksoilla erilaisissa maasto-olosuhteissa. Näitä kertoimia voidaan käyttää kaikilla palvelutasoilla lukuunottamatta tasoa A, jolla tällaisilla yleisillä ekvivalenteilla ei ole merkitystä. Linja-autojen määrä on normaalisti niin pieni, ettei niitä tarvitse ottaa erikseen huomioon tällaisissa yleistarkasteluissa. Linja-autojen likimääräiset ekvivalenttikertoimet on kuitenkin esitetty erikseen, jotta niitä voidaan käyttää olosuhteissa, joissa linja-autojen määrä on huomattava.

Taulukossa 9.3b on esitetty yleiset korjauskertoimet, joilla kuorma-autoista ja henkilöautoista muodostuneet sekaliikennemäärät pitkäköillä moottoritiejaksoilla voidaan muuntaa henkilöautoyksiköiksi tunnissa. Nämä kertoimet perustuvat yleisiin henkilöautoekvivalentteihin. Näitä kertoimia voidaan käyttää tarkasteltaessa verraten pitkän moottoritiejakson yleisiä ominaisuuksia, kun jaksolla on sekä laskuja, tasaisia osuuksia että nousuja, mutta niitä ei saa käyttää tutkittaessa yksittäisiä pituuskaltevuusjaksoja yksityiskohtaisesti. Kuten edellä mainittiin, ei näissä yleistarkasteluissa linja-autoja yleensä tarvitse ottaa erikseen huomioon. Jos tällainen erillistarkastelu näyttää kuitenkin tarpeelliselta, ei taulukkoa 9.3b tulisi käyttää, vaan käytetään taulukossa 9.3a linja-autoille esitettyjä ekvivalentteja yhdessä taulukon 9.6 kanssa, jolloin saadaan erilliset korjauskertoimet.

Palvelutasojen välityskykyjen tai kokonaisvälityskyvyn korjaaminen siten, että ne vastaavat kuorma- ja linja-autojen vaikutuksia tietyssä pitkässä nousussa, on edellistä suurempaa tarkkuutta edellyttävä tehtävä. Tasaisillakin tieosilla ajoneuvot yleensä muodostavat jonkinlaisia ajoneuvoryh-

miä jopa suhteellisen alhaisilla liikennemäärillä, ja usein kuorma-auto on tällaisen ryhmän ensimmäinen ajoneuvo. Kun tällaisissa olosuhteissa esiintyy nousu, ajonopeus alenee ja ajoneuvoryhmä vaikuttaa aikaisempaa enemmän tien palvelutasojen välityskykyihin ja kokonaisvälityskykyyn. Edelleen tulee ajoneuvoryhmän vaikutus selvemmäksi liikennemäärien kasvaessa. Ajoneuvoryhmien esiintymistiheys, niiden ajonopeus ja täten tien palvelutason välityskyky tai kokonaisvälityskyky riippuvat a) hitaiden ajoneuvojen lukumäärästä, b) pituuskaltevuuden jyrkkyydestä ja c) pituuskaltevuuden pituudesta. Jos liikennemäärä on alhainen, pituuskalteva osuus lyhyt ja kuorma-autoja on vähän, on verraten vähän todennäköistä, että tietty ajoneuvo saavuttaisi kuorma-auton pituuskaltevalla osalla. Pituuskaltevan osan pidentyessä kasvaa kuitenkin myös todennäköisyys, että kuorma-autoja kohdataan tällä osalla. Samoin tapahtuu, jos nousu on jyrkkä (ja kuorma-autot ajavat siis hitaammin), jolloin kuorma-autot joutuvat olemaan nousussa pitemmän ajan. Kuten aikaisemmin luvussa 5 todettiin, on näiden muuttujien vaikutusta tutkittu varsin vähän ja lisäselvitykset ovat tarpeen.

Yleensä oletetaan, että moottoriteillä esiintyvät alle 2 prosentin nousut, jotka ovat 800 m (0,5 mi.) lyhyempiä, vaikuttavat ajo-olosuhteisiin vain vähän. Noin 2 prosentin nousut saattavat aiheuttaa jonoja, mutta nämä jonot liikkuvat niin nopeasti, että liikennemäärä voi olla korkea, eikä kovin pitkiä ajoneuvojonoja todennäköisesti synny, jos nousu on alle 800 metrin pituinen. Kuorma-autojen nopeudet alenevat kuitenkin jo huomattavasti, ja peräänajojen vaara kasvaa.

Pitkäköissä nousuissa kuorma-autot ovat yleensä oikealla ajokaistalla, jolloin tällä ajokaistalla saavutettavat ajonopeudet riippuvat kuorma-autojen kiipeämisnopeudesta. Henkilöautot pyrkivät välttämään tätä ajokaistaa, jos muiden ajokaistojen olosuhteet ovat paremmat. Jos kaikki kuorma-autot käyttävät oikeata ajokaistaa, on kaikkien henkilöautojen (tai kaikkien ajoneuvojen, jotka voivat ylläpitää tasaisessa maastossa käytettyä ajonopeutta) oltava muilla ajokaistoilla, jotta kuorma-autot eivät vaikuttaisi yhteenkään henkilöautoon. Tästä seuraa, että jos henkilöautojen palvelutaso halutaan pitää nousussa samana kuin tasaisessa maastossa, on nousuun lisättävä ryömintäkaista silloin, kun vasemmanpuoleisten ajokaistojen liikennemäärät tulevat niin suuriksi, että henkilöautojen nopeus muussa tapauksessa aleni valitun palvelutason edellytyksiä alhaisemmaksi. Jos kaikki henkilöautot eivät voi välttää ensimmäistä ajokaistaa tai kaikki kuorma-autot eivät käytä sitä, saattaa useamman ryömintäkaistan rakentaminen olla tarpeen toivotun palvelutason saavuttamiseksi.

Taulukko 9.3a KUORMA- JA LINJA-AUTOJEN KESKIMÄÄRÄISET YLEISET HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT PITKÄHKÖILLÄ
MOOTTORITIE- JA MOOTTORIKATUJAKSOILLA (JOILLA ON NOUSUJA, LASKUJA JA TASAISIA OSUUKSIA)

PALVELUTASO		HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI E		
		TASAINEN MAASTO	MÄKINEN MAASTO	VUORISTOINEN MAASTO
A		Vaihtelee huomattavasti; yhdellä tai useammalla kuorma-autolla on samanlainen vaikutus, kun muu liikenne vaihtaa ajokaistaa. Tehtävien ratkaisuihin käytetään muille palvelutasoille osoitettuja ekvivalentteja.		
B - E	E _T kuorma-autoille	2	4	8
	E _B linja-autoille ^a	1.6	3	5

^aErillinen käsittely on tarpeen vain, jos linja-autojen määrät ovat huomattavan korkeita.

Taulukko 9.3b KUORMA-AUTOISTA^b JOHTUVAT KESKIMÄÄRÄISET YLEISET KORJAUSKERTOIMET PITKÄHKÖILLÄ
MOOTTORITIE- JA MOOTTORIKATUJAKSOILLA

KUORMA-AUTOJEN OSUUS P _T (%)	KORJAUSKERROIN T KAIKILLA PALVELUTASOILLA		
	TASAINEN MAASTO	MÄKINEN MAASTO	VUORISTOINEN MAASTO
1	0.99	0.97	0.93
2	0.98	0.94	0.88
3	0.97	0.92	0.83
4	0.96	0.89	0.78
5	0.95	0.87	0.74
6	0.94	0.85	0.70
7	0.93	0.83	0.67
8	0.93	0.81	0.64
9	0.92	0.79	0.61
10	0.91	0.77	0.59
12	0.89	0.74	0.54
14	0.88	0.70	0.51
16	0.86	0.68	0.47
18	0.85	0.65	0.44
20	0.83	0.63	0.42

^bJos linja-autot käsitellään erikseen, ei tätä kerrointa voida käyttää. Käytetään taulukkoa 9.3a yhdessä taulukon 9.6 kanssa.

Käytännössä saattaa taloudellisista syistä johtuen olla mahdotonta ylläpitää toivottua palvelutasoa tien kaikissa kohdissa. Jos suunnitteluperusteena käytetty tuntiliikennemäärä ylittää valitun palvelutason välityskyvyn, on päätettävä, rakennetaanko nousuun lisäkaista vai hyväksytäänkö tässä kriittisessä kohdassa alhaisempi palvelutaso. Tämä päätös on yleensä tehtävä taloudellisten seikkojen perusteella, ja tavallisimmin joudutaan maaseudun moottoriteillä valitsemaan palvelutasojen B ja C välillä ja kaupunkialueiden moottoriteillä palvelutasojen C ja D välillä. Missään tapauksessa liikennetarve ei kuitenkaan saa ylittää nousussa palvelutason E korkeinta välityskykyä (liikenteenvälityskykyä), jos jonot halutaan välttää. Mikäli olosuhteet ovat tällaiset, on nousuun ehdotto-

masti rakennettava lisäkaista, jotta välttytään joutumasta palvelutasolle F ja jotta liikenne ei pysähdy nousua lähestyessä.

Taulukossa 9.4 on esitetty yksityiskohtaiset henkilöautoekvivalenttikertoimet, jotka osoittavat kuinka paljon palvelutasojen välityskyvyt ja kokonaisvälityskyky alenevat keskimäärin kaikilla ajokaistoilla pitkäköissä yksittäisissä nousuissa, joissa kuorma-autojen ryömintäkaistaa ei ole rakennettu.

Kuten luvussa 5 mainittiin, on pitkämatkaisten linja-autojen osuus moottoriteiden liikennemäärästä yleensä varsin pieni. Tämä seikka sekä linja-autojen verraten hyvä suorituskyky tavallisimmin esiintyvissä nousuissa tekee erillisen

Taulukko 9.4 KUORMA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT MOOTTORITEIDEN TAI MOOTTORIKATUJEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA

NOUSU (%)	NOUSUN PITUUS (km)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI E_T									
		PALVELUTASOT A - C					PALVELUTASOT D JA E (VÄLITYSKYKY)				
		3 % KUORMA-AUTOJA	5 % KUORMA-AUTOJA	10 % KUORMA-AUTOJA	15 % KUORMA-AUTOJA	20 % KUORMA-AUTOJA	3 % KUORMA-AUTOJA	5 % KUORMA-AUTOJA	10 % KUORMA-AUTOJA	15 % KUORMA-AUTOJA	20 % KUORMA-AUTOJA
0-1	Kaikki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0.4-0.8	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	1.2-1.6	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	2.4-3.2	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6
	4.8-6.4	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
3	0.4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0.8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
	1.2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1.6	10	8	6	5	6	10	8	6	5	6
	2.4	10	9	7	7	7	10	9	7	7	7
	3.2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4.8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	6.4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11
4	0.4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0.8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1.2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1.6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	8
	2.4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3.2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
	4.8	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
	6.4	12	13	15	15	14	13	14	16	16	15
5	0.4	13	10	6	4	3	14	10	6	4	3
	0.8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7
	1.2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1.6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2.4	13	13	12	12	12	14	14	13	13	13
	3.2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4.8	13	15	16	16	15	14	17	17	17	17
	6.4	15	17	19	19	17	16	19	22	21	19
6	0.4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0.8	14	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1.2	14	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1.6	14	13	12	12	11	15	14	13	13	11
	2.4	14	14	14	14	13	15	16	15	15	14
	3.2	14	15	16	16	15	15	18	18	18	16
	4.8	14	16	18	18	17	15	20	20	20	19
	6.4	19	19	20	20	20	20	23	23	23	23

linja-autoista johtuvan korjauskertoimen useimmissa tapauksissa tarpeettomaksi. Yleensä voidaan käyttää luvussa 5 esitettyä yleisekvivalenttia 1.6. Jos tarkasteltava nousu kuitenkin on pitkä ja jyrkkä ja/tai linja-autojen määrä on suuri, saattaa erillistarkastelu olla tarpeen. Taulukossa 9.5 on esitetty linja-autojen henkilöautoekvivalentit tällaisissa olosuhteissa.

Useimmissa tässä luvussa myöhemmin esitettävissä käytännön sovellutuksissa ei taulukoissa 9.4 ja 9.5 esitettyjä kuorma- tai linja-autojen ekvivalenttikertoimia käytetä sellaisenaan. Useimmiten niitä käytetään valittaessa asianmukaista kuorma-autojen korjauskerrointa taulukosta 9.6. Tässä kertoimessa on otettu huomioon sekä henkilöautoekvivalentti, kuorma-autojen osuus liikennevirrasta että pituuskaltevuuden luonne, ja vasta tällä tavoin saatua kerrointa käytetään.

Verraten loivissa laskuissa voidaan henkilöautoekvivalenttien ja kuorma-autojen korjauskertoimien olettaa olevan samoja kuin tasaisessa maastossa. Jyrkissä laskuissa, joissa kuorma-autot käyttävät pientä vaihdetta turvallisuuden vuoksi, voidaan niiden vaikutusta kuitenkin joutua tarkastelemaan erikseen. Jos kuorma-autojen keskimääräinen nopeus laskussa saadaan määritetyksi, voidaan luvussa 5 esitettyjen, kuorma-autojen laskuissa havaittujen nopeuskäyrien perusteella määrittää vastaava likimääräinen nopeus nousussa, jolle korjauskerroin on esitetty.

Sekoittumisalueet

Luvussa 7 on esitetty sekoittumisalueen toiminta perustapauksessa, jossa kaksi tai useampia huomattavia teitä yhtyy tietyn pituisella tieosalla ja erkanee jälleen erillisiksi ajoradoiksi. Luvussa 8 on käsitelty tapaukset, joissa sekoittu-

minen tapahtuu peräkkäisten liittymis- ja erkanemisramppien välisellä tieosalla. Moottoriteillä kaikki sekoittumisalueet ovat yleensä suhteellisen kriittisiä kohtia, joiden vaikutus tieosan yleiseen toimivuuteen on tutkittava. Vaikka sekoittumisalueella esiintyvä liikennemäärä voitaisiin välittää, tällaisissa kohdissa esiintyvät epätydyttävät ajo-olosuhteet vaikuttavat huomattavasti pääteiden ajo-olosuhteisiin verraten pitkällä matkalla sekoittumisalueesta sekä ylä- että alavirtaan. Tämän vuoksi on tärkeätä, että sekoittumisalueet suunnitellaan siten, että haluttu palvelutaso voidaan saavuttaa niiden koko pituudella. Kuten aikaisemmin on mainittu, ei tämä välttämättä tarkoita sitä, että nopeuden tulisi pysyä samana koko alueella, koska jonkin verran alhaisemmat nopeudet ovat kriittisillä alueilla, kuten sekoittumisalueilla, yleensä hyväksyttäviä.

Moottoriteiden sekoittumisalueet tutkitaan suoraan luvuissa 7 ja 8 esitetyillä laskentamenetelmillä, joilla näiden alueiden palvelutasojen välityskyyt ja kokonaisvälityskyky voidaan määrittää.

Ramppiliittymät

Liittymis- ja erkanemisramppien liittymäkohtien toiminta on käsitelty yksityiskohtaisesti luvussa 8. Moottoriteillä ja useimmilla moottorikaduilla ramppien sijainti sekä niiden liikennetarve määrittelevät pääliikennesuunnan liikennemäärän vaihtelun.

Liittymisramppien yhteydessä esiintyvät ongelmat johtuvat pääasiassa kahden eri suunnista tulevan liikennevirran sekoittumisesta yhdeksi liikennevirraksi. Ajoneuvojen väliset häiriöt ovat huomattavia, ja liittymän geometrinen rakenne sekä tarkasteltavan liittymän ja muiden liittymien väliset etäisyydet ovat äärimmäisen tärkeitä vaikut-

Taulukko 9.5 PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT MOOTTORITEIDEN TAI MOOTTORIKATUJEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA

NOUSU ^a (%)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI ^b E _B	
	PALVELUTASOT A - C	PALVELUTASOT D JA E (VÄLITYSKYKY)
0 - 4	1.6	1.6
5 ^c	4	2
6 ^c	7	4
7 ^c	12	10

^aPituus ei vaikuta.

^bLinja-autojen osuus ei vaikuta.

^cKäytetään yleensä vain yli 800 m pitkissä nousuissa.

tavia tekijöitä. Mahdollisten huonojen geometris-
ten olosuhteiden lisäksi liittymisrampit saattavat
aiheuttaa kaksi muuta tasaisen palvelutason yllä-
pitämistä tiejaksolla vaikeuttavaa häiriötä. En-
siksikin rampista saapuva lisäliikenne saattaa
aiheuttaa liittymiskohdan oikealla ajokaistalla
toiminnallisia muutoksia ja/tai tämän ajokaistan
hetkellistä ylikuormitusta. Toiseksi rampista
saapuva liikenne saattaa muuttaa koko tien ajo-
olosuhteita liittymisrampista alavirtaan.

Erkanemisrampin yhteydessä esiintyvä ongelma muo-
dostuu pääasiassa siitä, että yksi liikennevirta
jakautuu kahdelle ajoradalle, joista toinen jat-
kaa edelleen pääliikennesuunnassa ja toinen erka-
nee siltä. Häiriökohta saattaa johtua joko a)

oikean ajokaistan liiallisesta käytöstä ja erka-
nevien ajoneuvojen ensimmäisellä ajokaistalla
suoraan liikennöiville ajoneuvoille täten aiheut-
tamasta nopeuden alenemista tai b) erkanemisram-
pissa esiintyvän jonon ulottumisesta päätielle
asti. Useimmat erkanemisrampista johtuvat on-
gelmat voidaan ratkaista käyttämällä riittävän
korkealuokkaisia geometrisia suunnitteluelementte-
jä sekä asianmukaista viitoitusta, nopeudenmuu-
tosalueita, lisäkaistoja tai lisäramppeja sekä
ajoneuvojonoille varattuja alueita edellyttäen,
etteivät rampit sijaitse liian lähellä toisiaan
ja että muu tieverkko on periaatteessa niin te-
hokas, että se voi välittää moottoritietä tule-
van kuormituksen.

Taulukko 9.6 KUORMA- JA LINJA-AUTOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET^a MOOTTORITEIDEN TAI MOOTTORIKATUJEN
YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA (KERROIN SISÄLTÄÄ HENKILÖAUTOEKVIVALENTIN JA
KUORMA- TAI LINJA-AUTOJEN PROSENTTIOSUUDEN VAIKUTUKSET)^b

HENKILÖ- AUTOEKVI- VALENTTI E_T TAI E_B^c	KUORMA-AUTOISTA JOHTUVA KORJAUSKERROIN T_c TAI T_L (LINJA-AUTOILLE B_c TAI B_L) ^d															
	KUORMA-AUTOJEN PROSENTTIOSUUS P_T (TAI LINJA-AUTOILLA P_B)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	
2	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	
3	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	
4	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	
5	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	
6	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	
7	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	
8	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	
9	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	
10	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	
11	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33	
12	0.90	0.82	0.75	0.69	0.65	0.60	0.57	0.53	0.50	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31	
13	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29	
14	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	
15	0.88	0.78	0.70	0.64	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	
16	0.87	0.77	0.69	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25	
17	0.86	0.76	0.68	0.61	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	
18	0.85	0.75	0.66	0.60	0.54	0.49	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	
19	0.85	0.74	0.65	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22	
20	0.84	0.72	0.64	0.57	0.51	0.47	0.42	0.40	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	
21	0.83	0.71	0.63	0.56	0.50	0.45	0.41	0.38	0.36	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20	
22	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19	
23	0.82	0.69	0.60	0.53	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	
24	0.81	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18	
25	0.80	0.67	0.58	0.51	0.46	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	

^aLaskettu luvussa 5 esitetyillä kaavoilla $100/(100-P_T+E_T P_T)$ tai $100/(100-P_B+E_B P_B)$. Isommille prosent-
tiosuuksille kerroin voidaan laskea näillä kaavoilla.

^bKertoimilla muutetaan henkilöautoyksikömmäärät sekaliikennemääräksi, kertoimien käänteisarvot muutta-
vat sekaliikennemäärät henkilöautoyksiköiksi.

^cSaadaan taulukosta 9.4 tai taulukosta 9.5.

^d

Kuorma- ja linja-autojen yhteisvaikutusta ei saa määrittää tämän taulukon avulla, jos linja-autot
on käsiteltävä erikseen, koska niiden henkilöautoekvivalentit poikkeavat toisistaan.

Täten moottoritien, pikatien tai moottorikadun liikennemäärä muuttuu jokaisen liittymis- tai erkanemisrampin kohdalla, jolloin tien ajo-olosuhteissa tapahtuu vastaavia muutoksia. Koska tietä ei voida suunnitella siten, että sen liikennemäärä pysyisi vakiona, on tutkimuksissa kriittisimmin tarkasteltava kohtia, joissa liikennemäärä on korkein. Tällaisia kohtia ovat mm. välittömästi liittymisrampista alavirtaan oleva liittymiskohta sekä välittömästi erkanemisrampista ylävirtaan oleva erkanemiskohta.

Ramppiliittymien palvelutasojen välityskyvyt ja kokonaisvälityskyky voidaan määrittää suoraan luvussa 8 esitetyillä laskentamenetelmillä. Tässä luvussa on myös esitetty suositellut ko. kriittisissä kohdissa sallittavat maksimiliikennemäärät eri palvelutasoilla, kun pääliikennesuunnan ajokaistoilla halutaan ylläpitää toivottu palvelutaso.

Tien geometria

Epäedulliset geometriset olosuhteet ovat verraten epätavallisia moottoriteillä tai moottorikaduilla. Esiintyessään tällaiset olosuhteet yleensä alentavat keskimääräistä tienopeutta. Kuten aikaisemmin mainittiin, tunnetaan keskimääräisen tienopeuden alenemisen vaikutukset moottoritien käyttönopeuteen tai välitettyihin liikennemääriin vain likimääräisesti. Nämä tiedot sisältyvät suoraan myöhemmin esitettäviin laskentamenetelmiin.

Liikenteen katkeamat (tasoliittymät)

Tasoliittymät, joita varsinaisilla moottoriteillä ei saa esiintyä, ovat moottorikaduilla tietyissä olosuhteissa sallittuja. Juuri tasoliittymien esiintyminen on tärkein moottorikatuja ja moottoriteitä erottava piirre, joskin lisäksi joillakin moottorikaduilla liittymisrajoitus liittymien välillä on vain osittainen. Liikennevaloin varustettujen tasoliittymien tulohaarojen välityskyky, palvelutasojen välityskyvyt sekä niiden tutkimismenetelmät on käsitelty luvussa 6, ja näitä menetelmiä voidaan yleensä soveltaa moottorikatuja tasoliittymiin. Periaatteessa moottorikadun tasoliittymän tulohaaran välityskyky määrittelee liittymästä ylävirtaan olevalla tieosalla saavutettavan palvelutason välityskyvyn ainakin seuraavaan liittymään asti, joskin alempiluokkaisilla moottorikaduilla esiintyy satunnaisia poikkeustapauksia, jos moottorikadulle liittyminen on vain osittain rajoitettu ja tärkeimpien liittymien väliltä voidaan päästä sille. Liittymästä alavirtaan esiintyvä korkein liikennemäärä on sama kuin liittymän tulohaaran suoraan ajaville ajoneuvoille varattujen ajokaistojen välityskyky lisättynä poikittaistieltä ko. tieosalle kääntyneiden ajoneuvojen sekä mahdollisesti muista liittymiskohdista saapuneiden ajoneuvojen määrällä.

Maaseudun pikateillä tällaisia liittymiä on yleensä suhteellisen vähän, ja esiintyvissä liittymissä liikennemäärät ovat tavallisesti hyvin alhaisia, minkä lisäksi liittymään poikittaistieltä saapuvien on pysähdyttävä ennen liittymään ajoa. Raskeammin kuormitetuissa liittymissä käytetään yleensä eritasoratkaisuja liikennevalojen sijasta. Palvelutasojen välityskykyjen ja kokonaisvälityskyvyn kannalta tällaisten teiden ajo-olosuhteet saattavat olla lähes samanlaisia kuin moottoriteillä, jos tärkeiden liittymien välisillä tieosilla on riittävän tehokas liittymisrajoitus. Käytännössä tavallisimmin esiintyvillä palvelutasoilla tällaiset maaseudun pikatiet eroavat moottoriteistä ainoastaan suuremman onnettomuusalttiuden takia.

Ellei liittymisrajoitusta ole toteutettu riittävän tehokkaasti, ja tien varteen on muodostunut liiketoimintaa nauhamaisesti, ei tietä enää voida tutkia pikateiden tavoin, vaan luvussa 10 esitetyillä tavallisilla teillä koskevilla menetelmillä.

Esikaupunki- ja kaupunkialueiden pikatiet ovat luonteeltaan edellisistä jonkin verran poikkeavia. Ne ovat tavallisesti varsin korkealuokkaisia pääkatuja, joilta kaikki tai ainakin lähes kaikki korttelin keskellä sijaitsevat liittymät (esim. nauhamaisissa liikekeskuksissa) on poistettu, mutta niillä on suhteellisen useita, yleensä progressiiviseen liikennevalojärjestelmään kytettyjä valo-ohjattuja liittymiä. Liikennevalot saattavat joissakin tapauksissa olla ainoa pikatien liikennevirran katkeamia aiheuttava tekijä.

Liikennevalot alentavat luonnollisesti välityskykyä, kun sitä verrataan katkeamattoman liikennevirran välityskykyyn koko tunnin aikana. Liikennevalojen vaikutus palvelutasojen välityskykyihin riippuu kuitenkin halutusta liikenteen toimintatavasta. Jos satunnaiset liikennevaloista johtuvat pysähdykset ovat hyväksyttäviä ja punaisen ajan osuus on suhteellisen pieni, voidaan tulo- ja lähtöhaaroja usein levittää niin paljon, että ne voivat vihreän vaiheen aikana välittää yhtä suuren liikennemäärän kuin edessä oleva tieosa jatkuvasti tyydyttävänä pidettävällä palvelutasolla. Yleinen palvelutaso alenee jonkin verran satunnaisten pysähdysten takia, mutta korttelien keskiosalla tien käyttö on tehokasta. Tällaisia levennyksiä on joissakin tapauksissa käytetty kaupunkien pikateillä.

Jos pikatien liikennevaloissa on lähes täydellinen progressio, voidaan teoriassa vihreätä tuntia kohti käyttää varsinaisen moottoritien välityskyvyn ja palvelutasojen välityskykyjen määrittämisperusteita sellaisenaan kaikilla palvelutasoilla. Tällaisessa progressiivisessa liikennevalojärjestelmässä ajoneuvoryhmät siis liikennöivät samoin kuin moottoriteillä, ja ainoa ero on liikennevaloi-

jen punaisista vaiheista johtuvat ajoneuvoryhmien välit. Todellista tuntia kohti laskettu välityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt tällaisessa järjestelmässä ovat tietysti alhaisempia kuin moottoritien vastaavat arvot, koska todelliset välityskyvyt saadaan kertomalla vihreätä tuntia kohti lasketut arvot G/C-suhteella, jolloin välityskyvyn aleneminen on suoraan verrannollinen punaisen ajan osuuteen. Kun tällaisessa tapauksessa kaikki autot ovat jatkuvasti liikkeessä, on palvelutaso samanlainen kauttaaltaan. Toisaalta liikkuvien ajoneuvoryhmien välinen aika (joka vastaa suunnilleen punaisen ja keltaisen valovaiheen aikaa) jää tältä liikennevirralta täysin käyttämättä kaikilla palvelutasoilla sekä keskellä korttelia olevilla tieosilla että liittymissä. Liittymien levennykset muodostavat tällöin pääasiassa "turvallisuuslisän". Lähes täydellisen liikennevaloprogression erityispiirteitä käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 10.

Jos liikennevalojen välinen etäisyys pikatiellä on yli 1.6 km (1 mi), sillä saavutettava nopeus on vähintään 72 km/h (45 mph) alhaisilla liikennemäärillä ja jos liikennevalojen sälisillä jaksoilla on kohtuullinen liittymärajoitus, voidaan tien välityskyky yleensä määrittää samoin perustein kuin moottoriteillä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Tämä perustuu siihen olettamukseen, että liikennevalot pysäyttävät suhteellisen harvoja ajoneuvoja. Alemmilla palvelutasoilla tämä oletamus ei enää ole yhtä hyväksyttävä, ja tärkeimpien liikennevaloliittymien välityskyky sekä pysähdyksistä johtuvat alhaisemmat käyttönopeudet täytynee ottaa huomioon välityskykyä määritettäessä.

Jos liikennevaloin varustetut liittymät ovat alle 1.6 km:n (1mi) päässä toisistaan, liikennevalot eivät kuulu progressiiviseen järjestelmään ja jos nopeus tai nopeusrajoitus lisäksi ovat alle 64 km/h tien varrella olevasta liiketoiminnasta johtuvien häiriöiden takia, tulisi pikatie tutkia samalla tavoin kuin kaupunkiseutujen pääkadut luvussa 10.

MOOTTORITEITÄ, MOOTTORIKATUJA JA PIKATEITÄ KOSKEVAT LASKENTAMENETELMÄT

Luvussa 4 esitettiin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa esiintyvien palvelutasojen yleinen määrittämistapa. Tässä luvussa sovelletaan aikaisemmin esitettyjä välityskyvyn ja palvelutasojen välityskykyjen määrittämismenetelmiä ensin moottoriteiden tai pikateiden perusjaksoille ja sen jälkeen useista erilaisista elementeistä muodostuneille pitkäkköille tiejaksoille.

Yleisissä kaikkia teitä koskevissa käsittelymenetelmissä ensimmäisenä vaiheena on tarkasteltavan tien jakaminen osiin, joilla on välityskyvyn kan-

nalta verraten muuttumattomat olosuhteet. Uusilla moottoriteillä, jotka on suunniteltu varsin korkealuokkaisin ja tasalaatuisin elementein, ei useissa varsinkaan maaseudulla sijaitsevista tapauksissa tällaista jakoa tarvitse välityskyvyn, palvelutasojen välityskykyjen tai palvelutasojenkaan takia tehdä edes verraten pitkällä tiejaksoilla. Ainoastaan ramppiliittymissä, sekoittumisalueilla, huomattavissa nousuissa ja laskuissa tai muissa erikoiskohteissa joudutaan käyttämään tällaista jakoa ja erillistutkimuksia. Vanhoilla moottoriteillä saattaa kuitenkin olla monia niiden toimivuutta rajoittavia elementtejä esimerkiksi jyrkkiä kaarteita, joiden vuoksi tie on jaettava osiin.

Moottoriteiden ja pikateiden perusjaksot

Tässä tekstiosassa esitetyt menetelmät koskevat yksinkertaisia moottoriteiden ja moottorikatujen perusjaksoja, joilla ei ole liittymis- tai erkane-miskohtia. Jakson pituus saattaa vaihdella muutamasta sadasta metrillä moniin kilometreihin. "Moottoritien välityskyky" ja "moottoritien palvelutason välityskyky" vastaavat tekstissä yhden liikennöimissuunnan kokonaisliikennemääriä. Keskimääräinen ajokaistakohtainen välityskyky tai palvelutasojen välityskyky voidaan määrittää jakamalla saatu yhden suunnan kokonaisarvo ajokaistojen lukumäärällä. Tällaisia keskimääräisiä arvoja käytettäessä tulisi kuitenkin muistaa, että ne eivät kuvaa liikenteen todellista jakautumaa eri ajokaistoille ja niiden käytöstä saattaa aiheutua vääriä tulkintoja.

Kuten luvussa 4 esitettiin, käyttönopeus sekä liikennemäärän tai palvelutason välityskyvyn suhde kokonaisvälityskykyyn (käytösuhde) ovat moottoriteiden ja moottorikatujen palvelutason määrittämisessä käytetyt perussuureet. Eri palvelutasojen rajakohtia osoittavat suureiden arvot käsiteltiin tämän luvun alussa, ja niistä on esitetty yhteenveto taulukossa 9.1, jota käytetään useimpien laskelmien perustana.

Kuvassa 9.1 nämä perusriippuvuudet on esitetty graafisesti. Vaikka kuva näyttää samanlaiselta kuin aikaisemmin kuvassa 3.38 esitetty esimerkki käyttönopeuden ja liikennemäärän välisestä riippuvuudesta, on tässä käytetty vaakaa-akselilla liikennemäärän ja välityskyvyn suhdetta liikennemäärän absoluuttiarvon sijasta. Täten kuvaa voidaan soveltaa minkälaiselle tielle tahansa aina, kun välityskyky yleensä voidaan määrittää riippumatta ajokaistojen lukumäärästä tai siitä, ovatko valitsevat olosuhteet ihanteellisia. Satunnaiset interpolointia edellyttävät tehtävät voidaan myös käsitellä mukavammin käyttämällä kuvaa kuin perustaulukkoa 9.1. Kuvaa voidaan edelleen käyttää tar-

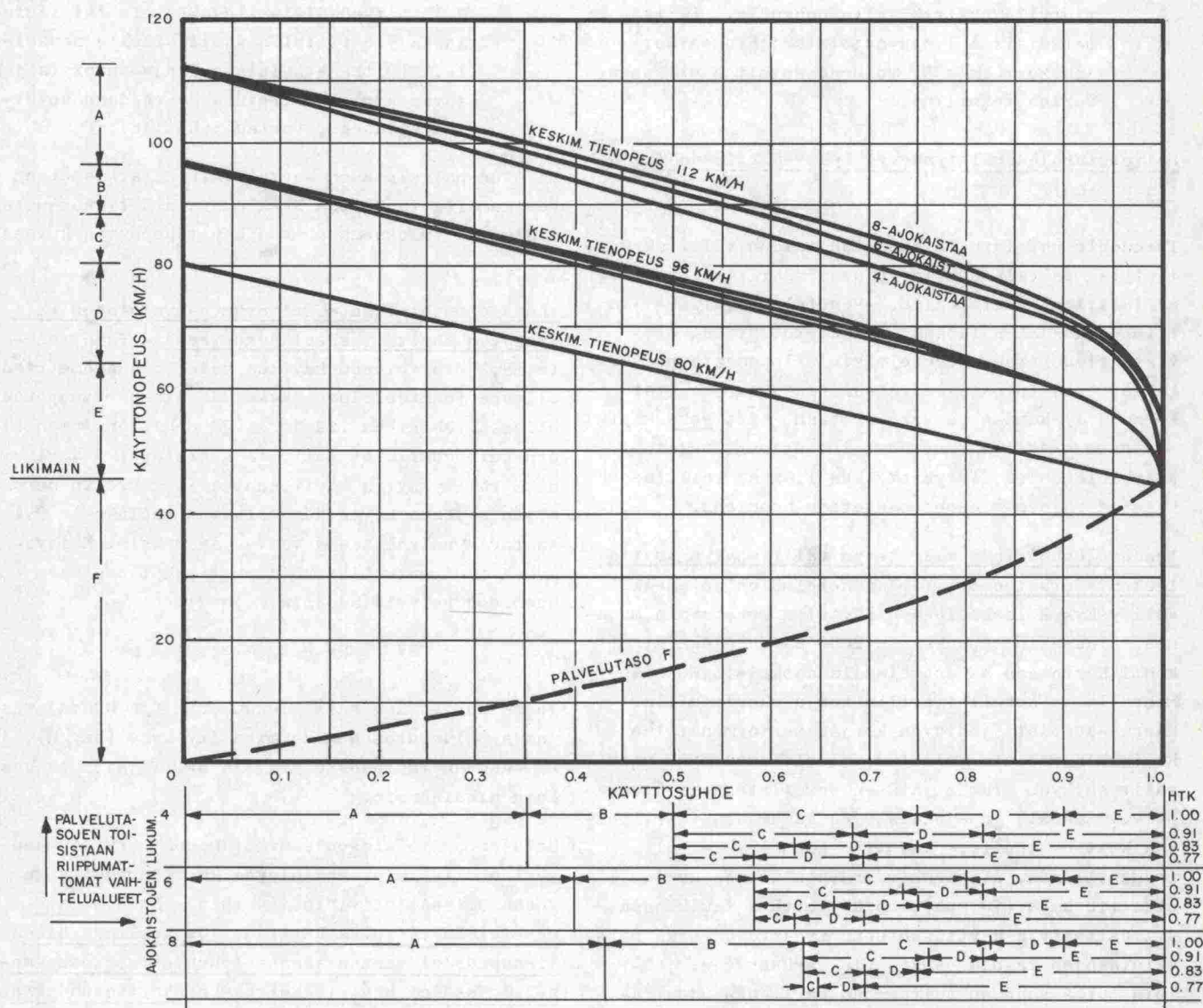
kasteltaessa tiejaksoa silmämääräisesti tai tarkistettaessa saatuja tuloksia. Käyttönopeuden ja käyttösuhteen eri palvelutasojen rajoja osoittavat arvot ovat esitetty kuvan pysty- ja vaakakseleilla.

Jos moottoritien olosuhteet eivät ole ihanteelliset, voidaan välityskyky määrittää yksinkertaisesti soveltamalla yhtä tai useampaa korjauskerrointa ajokaistojen lukumäärällä kerrottuna ihanneolosuhteiden välityskykyyn 2000 hay/h ajokaistaa kohti. Tämä perusarvo vastaa palvelutasoa E taulukossa 9.1. Palvelutasojen tai niiden välityskykyjen määrittäminen on jonkin verran monimutkaisempaa, koska edellisen lisäksi on käytettävä käyttönopeuden ja käyttösuhteen taulukossa 9.1 (tai kuvassa

9.1) esitettyjä riippuvuuksia. Määrittämismenetelmät esitetään seuraavassa.

Välityskyky (yhteen liikennöintisuuntaan) vallitsevissa olosuhteissa

Välityskyky määritetään suoraan katkeamattoman liikennevirran olosuhteita varten laadituilla perusmenetelmillä. Täten siis taulukossa 9.1 palvelutasolle E esitetty, ajokaistojen lukumäärällä kerrottu arvo (2000 hay/h ajokaistaa kohti) kerrotaan asianmukaisilla korjauskertoimilla, jotka on esitetty taulukoissa 9.2 ja 9.6. Usein tarvitaan vain kuorma-autoista johtuva korjauskerroin, koska uusien moottoriteiden geometria on yleensä välityskyvyn kannalta riittävän korkealuokkainen.



Kuva 9.1
Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus moottoriteiden ja moottorikatujen yhdellä liikennesuunnalla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa.

Käytettävän kuorma-autoista johtuvan korjauskertoi-
men tulee siis vastata välityskykyä eikä jotakin
palvelutasoa.

$$c = 2000 N W T_c$$

jossa

c = välityskyky (sekaliikennemäärä tunnissa yh-
teen liikennesuuntaan),
 N = ajokaistojen lukumäärä (yhteen suuntaan),
 W = ajokaistojen leveydestä tai sivusteista
johtuva korjauskerroin, joka saadaan tau-
lukosta 9.2. (Tätä korjauskerrointa tulee
käyttää harkiten moottoriteiden välitysky-
kylaskelmissa. Vertaa myös mahdollisiin
pientareista johtuviin, luvussa 5 esitet-
tyihin kertoiimiin), ja

T_c = välityskykyä vastaava kuorma-autojen kor-
jauskerroin, joka saadaan taulukosta 9.3b
pitkähköille tiejaksoille ja taulukosta 9.6
tietylle yksittäiselle nousulle. (Pitkä-
matkaisista linja-autoista johtuvaa kor-
jauskerrointa B_c voidaan soveltaa erikseen,
vertaa tekstiin).

Palvelutasojen välityskyvyt (yhteen liikennöin- tisuuntaan)

Ihanneolosuhteista poikkeavien teiden välityskyky
tietyllä palvelutasolla voidaan määrittää useilla
erilaisilla menetelmillä. Menetelmän valinta
riippuu kussakin tapauksessa käytettävissä ole-
vista tiedoista. Menetelmästä riippumatta on tär-
keätä, että tulosta verrataan taulukon 9.1 (tai
kuvan 9.1) kanssa ja varmistetaan, että sekä käyt-
tönopeus että liikennemäärä toteuttavat halutun
palvelutason edellytykset, kun lisäksi vallitseva
keskimääräinen tienopeus otetaan huomioon.

Ihanneolosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö
laskentaperusteena - Tämä menetelmä on jo edellä
välityskykyä laskettaessa käytetyn menetelmän muun-
nos. Tässäkin tapauksessa 2000 hay/h ajokaistaa
kohti kerrotaan asianomaisella ajokaistojen luku-
määrällä ja sovellettavilla korjauskertoimilla.
Kuorma-autoista johtuvan korjauskertoimen tulee
kuitenkin vastata valittua palvelutasoa eikä siis
välityskykyä. Tämän jälkeen sovelletaan halutusta
palvelutasosta ja ajokaistojen lukumäärästä riippu-
vaa käyttösuhdetta. Jos tien geometria ei ole
ihanteellinen, eli keskimääräinen tienopeus on
alle 112 km/h (70 mph), on käytettävä taulukossa
9.1 esitettyjä käyttösuhteen "työarvoja" eikä pal-
velutasojen rajoja osoittavia perusarvoja, jol-
loin tulos saadaan vastaamaan käyttönopeuden ra-
joituksia. Toisena mahdollisuutena voidaan käyt-
tää kuvassa 9.1 esitettyjä keskimääräistä nopeut-
ta vastaavia kuvaajia, jolloin myös käyttönopeuden

aleneminen on otettu huomioon. Palvelutasoilla
 C ja D on käyttösuhdetta valittaessa myös huippu-
tuntikerroin otettava huomioon.

$$SV = 2000 N (v/c) W T_L$$

jossa

SV = palvelutason välityskyky (sekaliikenne-
määrä tunnissa yhteen liikennesuuntaan),
 N = ajokaistojen lukumäärä (yhteen suuntaan),
 v/c = liikennemäärän ja välityskyvyn suhde, jo-
ka saadaan taulukosta 9.1 (tai kuvasta
9.1),

W = ajokaistojen leveydestä ja sivusteista
johtuva korjauskerroin, joka saadaan tau-
lukosta 9.2 (pientareiden leveydestä joh-
tuva korjauskerroin saattaa olla tarpeen,
vertaa luku 5), ja

T_L = palvelutasoa vastaava kuorma-autojen kor-
jauskerroin, joka saadaan taulukosta
9.3b pitkähköille tiejaksoille tai taulu-
kosta 9.6 tietylle yksittäiselle nousul-
le. (Pitkämatkaisista linja-autoista joh-
tuvaa korjauskerrointa B_L voidaan sovel-
taa erikseen, vertaa tekstiin).

Halutun palvelutason saavuttaminen tarkistetaan
vertaamalla tunnettua keskimääräistä tienopeutta
vastaavaa tuloksena saatua käyttönopeutta kuvaan
9.1.

Ihanneolosuhteissa määritetyn palvelutason väli-
tyskyvyn käyttö laskentaperusteena - Tämä mene-
telmä, jota voidaan käyttää vain tien geometrian
ollessa ihanteellinen (keskimääräisen tienopeuden
ollessa vähintään 112 km/h (70 mph)) on samanlai-
nen kuin edellä esitetty laskentatapa, paitsi
että välityskyvyn käyttösuhteella kerrotun perus-
arvon sijasta käytetään haluttua taulukosta 9.1
saatavaa palvelutasoa vastaavaa maksimivälitys-
kykyä (huipputuntikerroin on lisäksi otettava
huomioon palvelutasoilla C ja D).

$$SV = MSV W T_L$$

jossa MSV on ko. kaistalukumäärää (ja $HTK:a$) vas-
taava palvelutason maksimivälityskyky (hay/h), jo-
ka saadaan taulukosta 9.1, ja SV , W ja T_L on samat
kuin aikaisemmin.

Halutun palvelutason saavuttaminen tarkistetaan
vertaamalla tuloksena olevaa käyttönopeutta ku-
vassa 9.1 esitettyihin arvoihin. Huom. Tätä
menetelmää ei voida käyttää, jos keskimääräinen
tienopeus ei vastaa ihanneolosuhteita, koska me-
netelmässä ei käytetä kertoimena käyttösuhdetta,
jolla keskimääräisen tienopeuden rajoitukset
otetaan huomioon.

Vallitsevissa olosuhteissa määritetyn välitysky-
vyn käyttö laskentaperusteena - Vallitsevissa
 olosuhteissa määritetty välityskyky kerrotaan tau-
 lukosta 9.1 (tai kuvasta 9.1) saatavalla käyttö-
 suhteella, joka riippuu kaistalukumäärästä ja ha-
 lutusta palvelutasosta (lisäksi käytetään huippu-
 tuntikerrointa palvelutasoilla C ja D). Ihanne-
 olosuhteissa käytetään asianmukaista käyttösuhteen
 "työarvoa", jos keskimääräinen tienopeus on ra-
 joitettu. Kuorma-autoista johtuvan, mahdollises-
 ti käytettävän korjauskertoimen on vastattava
 kyseistä palvelutasoa eikä siis välityskykyä.

$$SV = c (v/c) (T_L/T_C)$$

jossa c on välityskyky (sekaliikennemäärä tunnis-
 sa yhteen liikennesuuntaan) määritettynä vallit-
 seissa olosuhteissa ja v/c , T_L ja T_C ovat samat
 kuin aikaisemmin.

Halutun palvelutason saavuttaminen tarkistetaan
 vertaamalla tunnettua keskimääräistä tienopeutta
 vastaavaa tuloksena saatua käyttönopeutta kuvaan
 9.1.

Palvelutasorajojen käyttö laskentaperusteena -
 Kun uutta moottoritietä suunniteltaessa haluttu
 palvelutaso on määritelty etukäteen, voidaan tätä
 tasoa vastaava välityskyky (hay/h) saada suoraan
 taulukosta 9.1, jos olosuhteet ovat yleensä ihan-
 teellisia (kuten usein on laita, kun moottoritiel-
 lä on vain vähän kuorma-autoja). Jos tien geo-
 metria ei ole ihanteellinen (keskimääräinen tie-
 nopeus on alle 112 km/h (70 mph)) tai olosuhteet
 muuten poikkeavat ihanteellisista, voidaan käyttö-
 suhteen olosuhteita vastaava arvo määrittää tau-
 lukon 9.1 avulla. Palvelutason välityskyky mää-
 ritetään tätä suhdetta käyttämällä sen jälkeen
 kun kokonaisvälityskyky on laskettu. (Voidaan
 myös käyttää kuvaa 9.1).

Jos tehtävänä on tutkia jo laadittua suunnitelmaa,
 voidaan suunnitelman toimivuus määrittää vertaa-
 malla edellä saadun käyttösuhteen arvoa suunnitel-
 man vastaavaan arvoon.

Palvelutaso

Tiesuunnittelussa on usein tehtävänä jonkin joko
 rakennetun tai suunnitellun moottori- tai pikatien
 palvelutason määrittäminen katkeamattoman liiken-
 nevirran olosuhteissa, kun liikennemäärä tunnetaan.
 Tämä voidaan tehdä likimääräisesti käyttämällä
 taulukkoa 9.1, jos käyttönopeus, liikennemäärä,
 huipputuntikerroin ja keskimääräinen tienopeus
 tunnetaan ja kuorma-autojen vaikutus voidaan jät-
 tää huomiotta. Tarkemmat laskentamenetelmät,
 joissa otetaan huomioon kuorma-autot ja liikenteen
 huippuuntumisominaisuudet, edellyttävät kuiten-
 kin yleensä useita osittain "yritykseen ja ereh-
 dykseen" perustuvia laskentakierroksia. Vaikka

kuorma-autokertoimen ja huipputuntikerroimen käy-
 tön tarpeellisuuden määrittämiseksi olisi tiedet-
 tävä tien palvelutaso, on juuri se tuntematon suu-
 re. Tämän takia palvelutasolle on etukäteen ole-
 tettava jokin arvo yleensä taulukon 9.1 perusteel-
 la, ja laskenta suoritetaan uudelleen, jos oletta-
 mus on osoittautunut vääräksi.

Laskentavaiheet ovat seuraavat:

- a) Palvelutason määrittämistä varten lasketaan
 "perusliikennemäärä" samalla tavoin kuin edel-
 lä kohdassa "Ihanneolosuhteissa määritetyn vä-
 lityskyvyn käyttö laskentaperusteena" esitet-
 tiin, paitsi ettei käyttösuhdetta sovelleta.
 (Vallitsevien olosuhteiden "perusliikennemää-
 rä" poikkeaa välityskyvystä vain siten, että
 käytettävä kuorma-autojen korjauskerroin vas-
 taa kyseistä palvelutasoa eikä välityskykyä.)

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 N W T_L$$

jossa N ja W ovat samat kuin edellä ja T_L on
 oletettua palvelutasoa vastaava kuorma-auto-
 jen korjauskerroin.

- b) Keskimääräinen liikennetarvetta osoittava lii-
 kennemäärä jaetaan a-kohdassa saadulla "perus-
 liikennemäärällä", jolloin saadaan likimääräi-
 nen käyttösuhte. (Liikennemäärää ei tarvitse
 muuntaa henkilöautoyksiköiksi, koska kuorma-
 autokertoimen käyttö a-kohdassa muuttaa perus-
 liikennemäärän sekaliikenteeksi.)
- c) Määritetään palvelutaso taulukosta 9.1 tai
 kuvasta 9.1 lasketun käyttösuhteen tai käyttö-
 nopeuden perusteella, jos nopeus tunnetaan
 etukäteen. Lisäksi otetaan huomioon valitulle
 palvelutasolle soveltuva huipputuntikerroin.

Ellei käyttönopeutta tunneta, etsitään taulu-
 kosta 9.1 asianomaiset olosuhteet ja määrite-
 tään käyttönopeus niiden perusteella. Kuvaa
 9.1 voidaan myös käyttää, jolloin etsitään
 asianomaista käyttösuhdetta, ajokaistojen lu-
 kumäärää sekä tarkastelukohteen keskimääräistä
 tienopeutta vastaavalta kohdalta oikea käyttö-
 nopeus. Tämän jälkeen palvelutaso määritetään
 joko käyttönopeuden tai käyttösuhteen perus-
 teella riippuen siitä, kumpi on määräävä.

- d) Suoritetaan laskenta uudelleen valitsemalla
 uudet kuorma-autokertoimen ja huipputuntiker-
 toimen arvot, jotka vastaavat toista palvelu-
 tasoa, jos alkuperäinen oletamus osoittautui
 vääräksi.

Koko moottoritie- tai moottorikatujakson osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena

Kuten aikaisemmin mainittiin, ovat tähän asti
 esitetyt yhden verraten samanlaisena pysyvän tie-
 osan tutkimista varten laaditut menetelmät riit-
 tävän tarkkoja pitkäkhökin moottoritien perus-
 piirteitä tutkittaessa, jos tieosalla ei ole vä-
 lityskykyä alentavia elementtejä. Useimmissa

tapauksissa tällaisia elementtejä kuitenkin esiintyy, mm. pituuskaltevia kohtia, ramppiliittymiä, sekoittumisalueita tai tieosia, joiden kaistalukumäärä vaihtelee, jolloin myös moottoritiejakson ominaisuudet eri osilla vaihtelevat. Jotta moottoritiejakso toimisi yhdenmukaisesti, on kunkin tällaisen jakson aikaisemmin esitetyillä tavoilla määritettyä toimivuutta verrattava koko tiejakson toimintaan.

Ensimmäisessä vaiheessa on kiinnitettävä huomio liikennemäärissä käytettyihin yksikköihin. Vaikka moottoritien ihanneolosuhteita koskevat maksimiliikennemäärät on ilmaistu henkilöautoyksikköinä tunnissa, on luvuissa 7 ja 8 sekoittumisalueiden ja ramppiliittymien toimintaa pääasiassa käsitelty sekaliikennemäärinä (vaikkakin sekoittuvat liikennemäärät on luvussa 8 muutettu henkilöautoyksiköiksi). Tämä näennäinen epäjohdonmukaisuus johtuu eri tutkimuksissa käytettyjen perusteiden eroista.

Koska moottoriteiden perusjaksojen laskentamenetelmät sopivat helposti suoritettaviksi sekaliikennemäärinä, kuten edellä juuri esitettiin, mutta ramppien käsitteleminen on melko vaikeata käyttämällä henkilöautoyksiköitä, on suositeltavaa suorittaa useita moottoritien elementtejä koskevat tutkimukset käyttämällä sekaliikennemääriä. Tällä menetelmällä on lisäksi etuna se, että käsiteltävät liikennemäärät ovat todellisia liikennemääriä eivätkä keinotekoisia henkilöautoyksikkömääriä. Edelleen on aina eri tutkimustuloksia verrattaessa tarkistettava, että käytetyt yksiköt vastaavat toisiaan.

Käytännön tehtäviä on tavallisesti kahta tyyppiä. Tutkittaessa jo rakennettua moottoritietä pyritään yleensä selvittämään sen "heikot kohdat", joiden liikenteenvälityskyky on muita osia alhaisempi tai vastaavasti uutta moottoritietä suunniteltaessa tavoitteena on mahdollisimman tasapainoinen suunnitelma. Edellisessä tapauksessa tunnetaan yleensä tien geometria ja liikennemäärä ja on määritettävä palvelutasot. Jälkimmäisessä tapauksessa liikennemäärä ja palvelutaso ovat yleensä etukäteen tunnettuja, jolloin tien geometrista rakennetta etsitään. Käytännössä kuitenkin suunniteltavasta tiestä yleensä laaditaan erilaisia luonnoksia, jolloin tehtävät laskelmat ovat samanlaisia kuin valmiita teitä tutkittaessa.

Kaikkien uusien suunnitelmien päämääränä on luonnollisesti yhdenmukainen palvelutaso koko tiellä. Jos täysin tasapainoiseen toimintaan pääseminen on kuitenkin mahdotonta, on muistettava, että moottoritie, joka suunnitellaan tiettyä peruspalvelutasoa vastaavaksi ja vain joissakin kohdissa esiintyy tämän tason alapuolella toimivia jaksoja, toimii aina huomattavasti paremmalla palvelutasolla kuin samanlainen moottoritie, jolla tällaisia

huonommin toimivia osuuksia on useita ellei liikennemäärä missään kohdassa ylitä tien välityskykyä. Jos siis todetaan, että haluttuun palvelutasoon pääseminen on joissakin kohdissa mahdotonta, ei tätä tulisi käyttää koko tien palvelutason alentamisen perusteena.

Yleisesti ottaen esiintyvät ongelmat voidaan parhaiten havainnollistaa esimerkeillä tekstin lisäksi. Tällaisia esimerkkejä on annettu myöhemmin tässä luvussa olevissa esimerkikiratkaisuissa. Joitakin yleismainintoja tiejakson kokonaistoiminnan tai "painotetun" toiminnan määrittämisestä on tässä yhteydessä kuitenkin syytä tuoda esiin. Jos täysin tasapainoiseen toimintaan päästään, "painottaminen" on tietysti turhaa, koska palvelutaso on kaikissa kohdissa samanlainen. Useiden käytössä olevien moottoriteiden palvelutaso ei kuitenkaan ole yhdenmukainen, eikä sitä voida sellaiseksi saattaa ilman huomattavia rakentamistoimenpiteitä. Sekä tällaisissa tapauksissa että aikaisemmin mainituissa suunnitelmissa, joissa ei päästä täydelliseen tasapainoon, on sekä liikenteen toimivuuden, suunnittelun ja taloudellisten tutkimusten kannalta suotavaa kehittää jonkinlainen keskimääräistä kokonaistoimivuutta mittaava suure.

Kaikilla teillä moottoritiet mukaan luettuna voitettujen liittymis- ja erkanemispisteiden välisellä jaksolla olla vain yksi välityskyvyn arvo, joka on tämän tieosan heikoimmin toimivan osuuden välityskyky. Jos kuitenkin kahden mielivaltaisen pisteen A ja B välisellä tieosalla on useita liittymis- ja erkanemiskohtia, on tällainen määrävä välityskyky vaikeammin määritettävissä. Tällaisessakin tapauksessa esiintyy edelleen tietty määrävä välityskyky jossakin A:n ja B:n välillä, mutta se ei aina vaikuta kaikkien kohtien liikenteeseen tiejakson liittymis- ja erkanemiskohtien liikennemäärästä riippuen. Tämän perusteella todetaan, että tarkasteltavan tiejakson alku- ja loppupisteiden valinta vaikuttaa huomattavasti siihen, voidaanko tien välityskyvyn määrävä kohta selvittää. Silloin kun tietty liikennöintisuunta on vallitseva, kuten esimerkiksi esikaupungeista kaupungin keskustaan suuntautuvilla teillä keskustaan päin liikennöitävä suunta, on tällaisen määrävän kohdan toteaminen helpompaa kuin tapauksessa, jossa liittymis- ja erkanemisliikennemäärät vaihtelevat satunnaisesti ilman tällaista yleissuuntausta. Joka tapauksessa "painotettu välityskyky" olisi tällöin suurelta osalta merkityksetön lukuunottamatta verraten yhdenmukaisina pysyvien tiejaksojen erityistarkasteluja.

Vastaavasti "palvelutason painotettua välityskykyä" voidaan käyttää ainoastaan verrattaessa liikennemääriä yleisesti keskimääräiseen toimintakykyyn, koska sikäli kuin liikennemäärä ei ole tiejakson missään kohdassa välityskykyä suurempi, voi tie välittää koko liikennemäärän sen ja tietyn palve-

lutason välityskyvyn suhteesta riippumatta. Palvelutaso saattaa tällaisessa tapauksessa luonnollisesti vaihdella huomattavasti.

Toisaalta aikaisemmin luvussa 4 yleisesti esitetty "painotettu palvelutaso" saattaa kuvata tietyn pituisen moottoritiejakson yleistä suorituskykyä varsin hyvin. Käyttönopeuden ja käyttösuhteen, eli palvelutason mittasuureiden, painottaminen suoritetaan tarkasteltavien tieosuuksien tai niiden suhteellisten vaikutusalueiden pituuksilla. Jos painottaminen halutaan tehdä tarkasti, on tunnettava ainakin likimääräiset tiejaksojen pituudet, käyttönopeudet ja käyttösuhteet.

Käytännössä laskentatapa ei kuitenkaan aina ole yhtä yksinkertainen kuin aikaisemmin luvussa 4 esitettyssä mallitehtävässä. Esimerkissä käytettiin vain helposti määritettäviä tien perusjaksoja, jolloin käyttönopeudet ja käyttösuhteet ovat jo käytettävissä tai voidaan helposti määrittää. Jos tarkasteltavaan tiejaksoon kuuluu kuitenkin esimerkiksi ramppiliittymiä ja sekoittumisalueita, muodostuu tehtävä vaikeammaksi, koska näillä osilla eri palvelutasoille voidaan määrittää vain likimääräiset käyttönopeudet, jotka poikkeavat tien perusjaksojen nopeuksista, minkä lisäksi käyttösuhdetta ei tällaisissa kohteissa voida käyttää sellaisenaan. Kun lisäksi ääritapauksessa voi esiintyä tasoliittymiä, ei nopeutta voida tällöin käyttää mittasuureena ollenkaan. Tällaisissa tapauksissa em. tavalla lasketut painotetut keskiarvot olisivat väärä huolimatta siitä, että käyttönopeudet ja käyttösuhteet tunnettaisiin, koska eri tieosilla ei käytetä samoja mittasuureita.

Vastaavalla tavalla on pituus joillakin elementeillä yksikäsitteinen. Toisissa tapauksissa ei painotuksessa tarvittavan vaikutusalueen koko ole kuitenkaan yhtä selvä. Erityistapauksessa esimerkiksi ramppiliittymillä ei sellaisenaan ole "pituutta". Luvun 8 perusteella voidaan nyrkkisääntönä todeta, että ramppiliittymän vaikutusalue on suunnilleen 900 m (3000 ft). Liittymisrampissa tämä alue muodostuu noin 150 metristä ylävirtaan ja 750 metristä alavirtaan, ja erkanevan rampin vaikutusalue muodostuu 750 metristä ylävirtaan ja 150 metristä alavirtaan. (Jos liittymis- ja erkanemisrampin vaikutusalueet osuvat päällekkäin, tulisi tällä alueella soveltaa alempia toimivuusarvoja). Sekoittumisalueiden vaikutusalueena voidaan käyttää sekoittumisalueen pituutta lisätynä 300 metrillä (150 m sekä ylä- että alavirtaan). Moottoriteillä esiintyy harvoin merkittäviä sivuesteitä. Jos niitä kuitenkin esiintyy, tulisi niiden vaikutusalueen pituus määrittää luvussa 10 esitettyillä tavallisilla monikaistaisista teistä koskevilla menetelmillä.

Käytännössä joudutaan vain harvoin määrittelemään pitkän tiejakson keskimääräinen palvelutaso tarkasti. Yleensä tarvitaan vain jonkinlainen palvelutason yleiskäsitys. Tämän vuoksi käytetään painotetun palvelutason määrittämismenetelmiä tavallisesti vain silloin, kun käyttönopeudet, käyttösuhteet ja tieosien pituudet ovat helposti saatavissa ja palvelutaso voidaan määrittää samoilla suureilla koko tiejaksolla. Käytettävät menetelmät esitetään seuraavassa.

Ensimmäiseksi määritetään kullekin tieosalle saatujen käyttönopeuksien painotettu keskiarvo kertomalla kunkin tieosan pituus sen käyttönopeudella, laskemalla tulokset yhteen ja jakamalla summa tiejakson kokonaispituudella. Käyttösuhteen painotettu keskiarvo lasketaan samalla tavalla, jos tien ajokaistojen lukumäärä pysyy samana koko tiejaksolla. Jos ajokaistojen lukumäärä kuitenkin vaihtelee, ovat myös käyttösuhteen palvelutasojen rajoja osoittavat arvot erilaisia. Tällaisessa tapauksessa tulisi painotettu keskiarvo määrittää erikseen kullekin leveysluokalle. Lopuksi määritetään tiejakson keskimääräinen palvelutaso taulukon 9.1 (tai kuvan 9.1) avulla käyttämällä näitä keskimääräisiä käyttönopeuden ja käyttösuhteen arvoja.

Tällä tavoin määritetyn keskimääräisen toimivuuden realistisuus on tarkistettava vertaamalla käyttönopeuden painotettua keskiarvoa kriittisimpään käyttösuhteeseen, jotta varmistutaan siitä, ettei tien välityskykyä ylitetä missään kohdassa. Toisessa tapauksessa voidaan tällä tarkistuksella varmistua siitä, että ennalta tavoitteeksi asetettu palvelutaso saavutetaan.

Jos tutkittavalla osuudella esiintyy ramppiliittymiä, sekoittumisalueita tai tasoliittymiä, voidaan likimäärin painottaa eri tieosilla saatuja palvelutasoluokkia, mikä on usein käytännöllisempää kuin pyrkiä yhdistämään eri määritysperusteiden laskettuja arvoja. Esimerkkiratkaisussa 9.8b esitettyä kuvaajaa voidaan myös usein käyttää. Käytännössä tämä kuva osoittaa, kuinka tehtävä voidaan likimäärin suorittaa, vaikka eri merkinnöin (A, B jne.) osoitettujen palvelutasojen painottaminen on mahdotonta.

Jälleen kerran on korostettava, että painotettujen keskiarvojen käyttö moottoritien toiminnan mittaamisessa ei saa heikentää koko tässä luvussa korostettua pyrkimystä tasapainoiseen toimintaan. Kutakin kriittistä kohdetta tulisi verrata valittuun palvelutasoon ja heikkojen kohtien suunnitelmat tulisi pyrkiä korjaamaan kaikin keinoin, niin etteivät minkään osan ajo-olosuhteet olisi selvästi valittua tasoa alhaisemmat.

Esimerkissä 9.8 on havainnollistettu sekä numeeristen että likimääräisten laskentojen suoritus.



Moottoritien ja paikallisluntoisen maantien liittymä maaseudulla.



Moottoritieverkossa esiintyvää huomattavaa haarautuma.

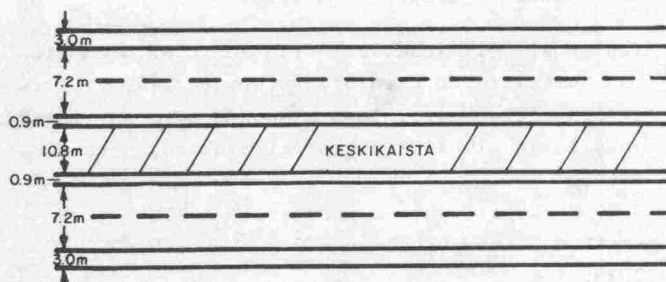
Esimerkkiratkaisuja - moottoritiet ja moottorikadut

Esimerkki 9.1

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Nelikaistainen moottoritie maaseudulla.
 Ajokaistojen leveys 3.6 m.
 Oikeanpuoleinen piennar 3.0 m ja vasemmanpuoleinen piennar 0.9 m leveä, keskikaistan leveys 10.8 m.
 Tarkastellaan pitkää jaksoa tasaisessa maastossa.
 Ihanteelliset geometriset olosuhteet, keskimääräinen tienopeus 112 km/h.
 Kuorma-autojen osuus 5 %.
 Pitkämatkan linja-autojen osuus 1 %.
- On määritettävä palvelutasojen B ja E välityskyvyt.



Ratkaisu:

Vallitsevat olosuhteet ovat suurelta osin ihanteellisia. Ajokaistojen leveydestä tai sivusteista ei aiheudu korjauskerrointa, koska ne tyydyttävät ihanneolosuhteiden edellytykset. Kuitenkaan ei tässäkin tapauksessa voida käyttää suoraan ihanneolosuhteille taulukossa 9.1 esitettyjä arvoja, koska liikenneolosuhteista (kuorma- ja linja-autoista) johtuvat korjauskertoimet on otettava huomioon.

Koska tarkasteltavana on pitkä tieosa, voidaan käyttää taulukon 9.3b arvoja. Linja-autojen vähäinen määrä voidaan käsitellä samalla tavoin kuin henkilöautot, koska maasto on tasaista. Kuorma-autojen osuus 5 % tasaisessa maastossa, korjauskerroin $T_c = 0.95$. Ajokaistojen lukumäärä yhteen liikennesuuntaan $N = 2$.

Välityskyky:

$$C = 2000 N W T_c = 2000 \times 2 \times 1.00 \times 0.95 = 3800 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$$

Palvelutaso B (kolme eri menetelmää esitetään):

- a) $SV_B = 2000 N (v/c) W T_L$ (jossa $v/c \leq 0.50$ ja saadaan taulukosta 9.1) $= 2000 \times 2 \times 0.50 \times 1.00 \times 0.95 = 1900 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$
 b) $SV_B = c (v/c) (T_L/T_c)$ (jossa c on edellä laskettu välityskyky, termillä T_L/T_c ei ole mer-

kitystä tässä tapauksessa, kun T on sama kaikilla palvelutasoilla) $= 3800 \times 0.50 = 1900 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$

Huom: Tätä menetelmää voidaan käyttää vain ihanteellisissa geometrisissa olosuhteissa, kuten tässä esimerkissä on asian laita.

- c) $SV_B = MSV W T_L$ (jossa MSV saadaan taulukosta 9.1) $= 2000 \times 1.00 \times 0.95 = 1900 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$

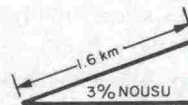
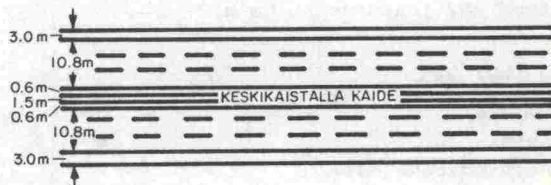
Kaikilla menetelmillä sama lopputulos.

Esimerkki 9.2

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Kuusikaistainen moottoritie kaupunkialueella.
 Ajokaistojen leveys 3.6 m.
 Oikeanpuoleinen piennar 3.0 m leveä, sivusteita pientareen reunassa, vasemmanpuoleinen piennar 0.6 m leveä, ja keskikaista 1.5 m leveä, minkä lisäksi keskikaistalla on kaide.
 Tarkastelukohdassa on 1.6 km pitkä 3 prosentin nousu.
 Tien geometria vastaa 96 km/h:n keskimääräistä tienopeutta.
 Kuorma-autojen osuus 5 %.
 Pitkämatkan linja-autojen osuus 1 %.
 $HTK = 0.91$.



On määritettävä palvelutason C välityskyky ja palvelutasoa E vastaava kokonaisvälityskyky.

Ratkaisu:

Välityskyky:

$$N = 3$$

$W = 0.99$, joka saadaan taulukosta 9.2, kun oikeanpuoleiseen sivusteeseen on 3.0 m ja vasemmanpuoleiseen sivusteeseen n. 1.2 m (= 0.6 m leveä piennar ja n. 0.6 m keskikaistan kaiteeseen). (Kertoimen määrittäisperuste: Sivuste 1.2 metrin päässä ajoradan reunasta vain toisella puolella.)

T_c : Kun kuorma-autojen osuus on 5 % ja 3 prosentin nousu 1.6 km pitkä, saadaan taulukosta 9.4 välityskyvyn tasolla $E_T = 8$ ja taulukon 9.6 mukaan $T_c = 0.74$. (Linja-autojen pieni määrä voidaan käsitellä samalla tavalla kuin henkilöautot.)

$$c = 2000 \text{ N W } T_c = 2000 \times 3 \times 0.99 \times 0.74 = 4396 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$$

Huom: Jos tietä käytetään pääasiassa työmatkaliikenteeseen ja kaide on jatkuva, W-kerroin saattaa olla lähellä arvoa 1.00.

Palvelutason C välityskyky:

$$N = 3.$$

$$W = 0.99, \text{ kuten edellä.}$$

$$T_L: \text{ Taulukosta 9.4 saadaan } E_T = 8 \text{ ja taulukon 9.6 mukaan } T_L = 0.74.$$

$$v/c: \text{ Palvelutason rajalla } (v/c) \leq 0.80 \times \text{HTK,} \\ \text{työarvoa vastaa } (v/c) \leq 0.45 \times \text{HTK.}$$

Tarkistetaan termin SV määräävä arvo (tässä vain havainnollisuuden vuoksi, normaalisti käytetään käyttösuhteen "työarvoa" suoraan):
 Palvelutason rajalla $SV_c = 2000 \text{ N } (v/c) \text{ W } T_L = 2000 \times 3 \times (0.80 \times 0.91) \times 0.99 \times 0.74 = 3200 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan.}$
 (Tarkistamalla kuvasta 9.1 lasketun käyttösuhteen $(0.80 \times 0.91 = 0.73)$ ja keskimääräisen tienopeuden 96 km/h arvoilla saatava liikennemäärä todetaan, ettei palvelutason C käyttönopeutta voida saavuttaa tällä liikennemäärällä, jos keskimääräinen tienopeus on annetun suuruinen.)

Lasketaan SV:n "työarvo":

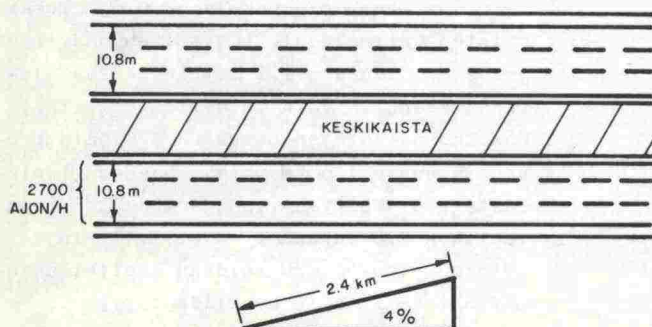
$$\text{"Työarvo"} \text{ } SV_c = 2000 \times 3 \times (0.45 \times 0.91) \times 0.99 \times 0.74 = 1880 \text{ ajon./h yhteensä yhteen liikennesuuntaan, jolloin saavutetaan palvelutason C edellyttämä käyttönopeus 80 km/h.}$$

Esimerkki 9.3

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Kuusikaistainen moottoritie maaseudulla. Ajokaistojen leveys 3.6 m, pientareet riittävät samoin kuin etäisyys sivusteisiin. Tutkittavassa kohdassa yksittäinen 4 prosentin nousu, joka on 2.4 km pitkä. Tien geometria vastaa keskimääräistä tienopeutta 112 km/h. Kuorma-autojen osuus 3 prosenttia. Linja-autojen osuus mitätön. Palvelutasoilla C ja D on $\text{HTK} = 0.77$. Liikennemäärä raskaammin liikennöityyn suuntaan, eli nousua ylös, on yhteensä 2700 ajon./h.



On määritettävä nousussa esiintyvä palvelutaso.

Ratkaisu:

Taulukon 9.1 perusteella todetaan kyseisen kuusikaistaisen moottoritien toimivan todennäköisesti palvelutasolla B tai C, kun $\text{HTK} = 0.77$. Oletetaan palvelutason olevan C, ja valitaan palvelutasosta riippuvat korjauskertoimet sen mukaan.

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 \text{ N W } T_L$$

jossa

$$N = 3$$

$$W = 1.00 \text{ (taulukosta 9.2 ihanneolosuhteissa).}$$

$$T_L: \text{ Taulukosta 9.4 saadaan } E_T = 12 \text{ palvelutasolla C, kun kuorma-autojen osuus on 3 \%, nousun pituus 2.4 km ja jyrkkyys 4 \%.}$$

$$\text{ Taulukosta 9.6 saadaan } T_L = 0.75, \text{ kun } E_T = 12 \text{ ja } P_T = 3.$$

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 \times 3 \times 1.00 \times 0.75 = 4500 \text{ ajon./h.}$$

$$\text{Käyttösuhde} = 2700/4500 = 0.60.$$

Taulukosta 9.1 todetaan, että saatu arvo on hie-man palvelutason B rajojen ulkopuolella. Tarkistetaan vielä palvelutaso C muuntamalla käyttösuhte, joka tässä sisältää HTK:n vaikutuksen, perusmuotoon.

$$0.60 = (\text{käyttösuhteen perusarvo}) \times \text{HTK}$$

$$\text{Käyttösuhteen perusarvo} = 0.60/\text{HTK} = 0.60/0.77 = 0.78.$$

$$0.78 \times \text{HTK} < 0.80 \times \text{HTK}, \text{ joten tulos vastaa palvelutason C kuusikaistaisella moottoritieellä.}$$

Taulukko 9.1 osoittaa, että tätä suhdetta vastaa käyttönopeus on suunnilleen 88 km/h, joka on palvelutason C raja. (Vastaavasti kuva 9.1 osoittaa, että käyttösuhteen ollessa 0.60 voidaan 88 km/h:n käyttönopeus saavuttaa.)

Alkuperäinen palvelutason oletamus oli oikea, joten laskentaa ei tarvitse suorittaa uudestaan.

Lopputulos: Palvelutaso C

Esimerkki 9.4

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Nelikaistainen kaksiajoratainen henkilöautotie maaseudulla. Tie on verraten vanha.

Ajokaistojen leveys 3.0 m.

Oikeanpuoleisen pientareen leveys 0.6 m, vasemmalla puolella ei piennarta, keskikaistan leveys 2.4 m

Sivusteita 1.5 metrin päässä ajoradan reunasta oikealla puolella ja 0.6 metrin päässä vasemmalla puolella.

Tarkastellaan pitkää tiejaksoa mäkisessä maastossa.

Tien geometria sallii keskimääräisen tienopeuden 80 km/h.

Kuorma-autoja tai linja-autoja ei ole.



On määritettävä palvelutason B välityskyky ja palvelutasoa E vastaava kokonaisvälityskyky sekä arvosteltava saatuja tuloksia.

Ratkaisu:

Välityskyky:

$$c = 2000 N W T_c$$

jossa

$$N = 2$$

W: Kun ajokaistojen leveys on 3.0 m ja sivuesteet ovat 1.5 metrin päässä ajoradasta molemmilla puolilla, saadaan taulukon 9.2 mukaan $W = 0.90$ (interpoloimalla 1.2 ja 1.8 metrin väliltä). Kun sivuesteet ovat 0.6 metrin päässä molemmilla puolilla, on $W = 0.86$. Käytetään keskimääräistä kerrointa, eli $W = 0.88$.

T_c : Kuorma-autoja ei ole, joten korjauskerrointa ei tarvita.

$$c = 2000 \times 2 \times 0.88 \times 1.00 = 3520 \text{ ajon./h.}$$

Huom: Tutkittavan tiejakson pituudella ei tässä tapauksessa ole merkitystä, koska kuorma-autoja ei ole.

Palvelutason B välityskyky:

$$SV_B = c (v/c) (T_L/T_c)$$

T_L/T_c voidaan jättää huomiotta, koska kuorma-autoja ei ole.

Todetaan, että taulukossa 9.1 ei ole esitetty käytösuhteen arvoa, joka vastaisi palvelutasoa B ja keskimääräistä tienopeutta 80 km/h.

Johtopäätös: Henkilöautotien geometria on niin heikkotasoinen, ettei se voi välittää liikennettä palvelutasolla B. Taulukosta 9.1 todetaan myös, että se ei voi toimia edes palvelutasolla C. Täten kyseisellä tiellä ei voida käyttää korkeita nopeuksia liikennemäärästä riippumatta.

Esimerkki 9.5

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Nelikaistainen moottorikatu kaupunkiseudulla. Ajokaistojen leveys 3.3 m.

Ajoradan reunaan on rakennettu 15 cm korkeat reunakivet, keskikaista on 3.6 m leveä.

Sivuesteitä 0.6 metrin päässä ajoradan reunasta oikealla puolella, vasemmalla puolella ei ole sivuesteitä.

Tarkastellaan 1.6 km pitkää tieosaa tasaisessa maastossa, tieosalla on tasoliittymiä ja jonkin verran pieniä tonttiliittymiä.

Kuorma-autojen osuus 8 %.

Pitkamatkaisten linja-autojen osuus 6 %.

$$HTK = 0.91.$$

On määritettävä palvelutason D välityskyky ja palvelutasoa E vastaava kokonaisvälityskyky.

Ratkaisu:

Välityskyky:

$$c = 2000 N W T_c$$

jossa

$$N = 2$$

$W = 0.94$, joka saadaan taulukosta 9.2, kun ajokaistojen leveys on 3.3 m ja sivuesteitä on vain toisella puolella 0.6 metrin etäisyydellä. (Huom: Reunakivi ei ole tarpeeksi korkea muodostaakseen sivuestettä).

T_c : Taulukosta 9.4 saadaan $E_T = 2$, kun kuorma-autojen osuus on 8 % ja tieosan pituus 1.6 km. Taulukosta 9.6 saadaan $T_c = 0.93$, kun $E_T = 2$ ja $P_T = 8$.

B_c : Linja-autojen liikennemäärät ovat suhteellisen korkeat, joten ne käsitellään erikseen. Taulukosta 9.5 saadaan $E_B = 1.6$. Taulukosta 9.6 saadaan $B_c = 0.96$ (interpoloimalla), kun $E_B = 1.6$ ja $P_B = 6$.

$$c = 2000 \times 2 \times 0.94 \times 0.93 \times 0.96 = 3360 \text{ ajon./h.}$$

Palvelutason D välityskyky:

Kaikki edellä esitetyt korjauskertoimet ovat samat palvelutasolla D kuin välityskyvyn tasolla.

$$SV_D = c (v/c) (T_L/T_c)$$

Termi T_L/T_c voidaan jättää huomiotta, koska korjauskertoimet ovat samat. Taulukosta 9.1 saadaan $v/c = 0.90 \times HTK$.

$$v/c = 0.90 \times 0.91 = 0.82$$

$$SV_D = 3360 \times 0.82 = 2755 \text{ ajon./h.}$$

Esimerkki 9.6

Tehtävä:

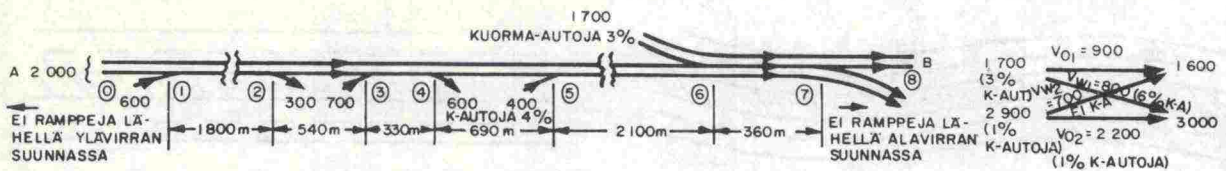
Tunnetaan kaupunkiseudulla sijaitsevan moottoritien suunnitelma.

Olosuhteet:

Tien geometria vastaa moottoritievaatimuksia, eli ajokaistojen leveys on 3.6 m, sivuesteiden etäisyys on yli 1.8 m, maasto on tasainen, tien geometria vastaa ihanteellista 112 km/h:n keskimääräistä tienopeutta ja ramppiliittymät ovat joustavia.

Liikennemäärät ovat kuvan mukaisia.

Kuorma-autojen osuudet ovat mitättömiä kuvassa esitettyjä kohtia lukuunottamatta.



Linja-autojen osuus mitätön.

HTK = 0.91

Kukin kuvassa esitetty viiva vastaa ehdotettua ajokaistaa.

Tiellä halutaan päästä palvelutasoon C.

On määritettävä:

- Onko ehdotettu suunnitelma toimiva ja saavutaanko haluttu palvelutaso C annetulla huipputuntikertoimella.
- Suunnitelmaan tehtävät muutokset.

Ratkaisu:

- Suunnitelman toimivuus palvelutasolla C:

Tieosa 0-1:

Vallitsevat olosuhteet ovat ihanteelliset, joten palvelutason välityskyky saadaan suoraan taulukosta 9.1.

$SV_C = 2750$ hay/h, joka saadaan taulukosta 9.1.

Kuorma-autot eivät aiheuta toimenpiteitä, koska niiden osuus on mitätön.

Täten siis $SV_C = 2750$ ajon./h

Tunnettu liikennemäärä $V = 2100$ ajon./h ja kuorma-autojen osuus mitätön.

$2100 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Ramppi 1:

Käytetään kuvaa 8.2, kuorma-autojen osuus mitätön.

$V_1 = 136 + 0.345 V_f - 0.115 V_r = 136 + (0.345 \times 2100) - (0.115 \times 600) = 792$ ajon./h

Liittyy yhteisliikennemäärä on $792 + 600 = 1392$ ajon./h.

$1392 < 1550$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Tieosa 1-2:

Kuten aikaisemminkin, saadaan arvot taulukosta 9.1, koska vallitsevat olosuhteet ovat ihanteellisia ja kuorma-autojen osuus mitätön.

$SV_C = 2750$ ajon./h

Tunnettu liikennemäärä $V = 2100 + 600 = 2700$ ajon./h

$2700 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Ramppi 2:

Käytetään kuvaa 8.3, kuorma-autojen osuus mitätön.

$V_1 = 165 + 0.345 V_t + 0.520 V_r = 165 + (0.345 \times 2700) + (0.520 \times 300) = 1253$ ajon./h

Erkaneva yhteisliikennemäärä = 1253 ajon./h

$1253 < 1650$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Tieosa 2-3:

SV_C on edelleen 2750 ajon./h, kun kuorma-autojen osuus on mitätön.

Liikennemäärä $V = 2700 - 300 = 2400$ ajon./h
 $2400 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Ramppi 3:

Käytetään kuvaa 8.2, kuorma-autojen osuus mitätön.

$V_1 = 136 + 0.345 V_f - 0.115 V_r = 136 + (0.345 \times 2400) - (0.115 \times 700) = 884$ ajon./h

Liittyy yhteisliikennemäärä on $884 + 700 = 1584$ ajon./h.

$1584 > 1550$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu ei toteuta palvelutason C edellytyksiä.

Tieosa 3-4:

SV_C on edelleen 2750 ajon./h, kuorma-autojen osuus mitätön.

Liikennemäärä $V = 2400 + 700 = 3100$ ajon./h
 $3100 > 2750$, joten ratkaisu ei ole tyydyttävä.

Ramppi 4:

Käytetään kuvaa 8.4, kuorma-autojen osuus mitätön.

$V_1 = 202 + 0.362 V_t + 0.496 V_r - 0.226 D_u + 0.096 V_u$

$= 202 + (0.362 \times 3110) + (0.496 \times 600) - (0.226 \times 330) + (0.096 \times 700) = 1613$

ajon./h.

Erkaneva yhteisliikennemäärä on 1613 ajon/h
 $1613 < 1650$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä, mutta rajatapaus.

Tieosa 4-5:

SV_C on edelleen 2750 ajon./h, kuorma-autojen osuus mitätön.

Liikennemäärä $V = 3100 - 600 = 2500$ ajon./h
 $2500 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Ramppi 5:

Käytetään kuvaa 8.2.

$V_1 = 136 + 0.345 V_f - 0.115 V_r = 136 + (0.345 \times 2500) - (0.115 \times 400) = 953$ ajon./h

Liittyy yhteisliikennemäärä = $953 + 400 = 1353$ ajon./h

$1353 < 1550$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Huom: Kuorma-autojen osuus on 4 %, ja siis alle asetetun 5 prosentin rajan, joten tulosta ei tarvitse korjata kuorma-autoista johtuvalla korjauskertoimella.

Tieosa 5-6:

SV_C on edelleen 2750 hay/h, mutta kuorma-autot täytyy tällä osalla ottaa huomioon. Liikennemäärä $V = 2500 + 400 = 2900$ ajon./h. Kuorma-autojen osuus 4 % liikennemäärästä, joka on 400 ajon./h, eli 16 kuorma-autoa. $16/2900 = 0.006$, eli kuorma-autoja on noin 1 %.

Taulukosta 9.4 saadaan tasaisessa maastossa $E_T = 2$.

Taulukosta 9.6 saadaan $T_L = 0.99$, kun $E_T = 2$ ja kuorma-autojen osuus 1 %.

$SV_C = 2750 \times 0.99 = 2723$ ajon./h.

$2900 > 2723$, joten ratkaisu ei ole tyydyttävä.

Sekoittumisalue 6-7:

Käytetään kuvaa 7.4

Sekoittumisalueen pituus (graafisesta kuvasta):

V_{we1} : Taulukosta 9.4 saadaan $E_T = 2$. Taulukosta 9.6 saadaan $T_L = 0.94$, kun $E_T = 2$ ja kuorma-autojen osuus on 6 %. $V_{we1} = 800/0.94 = 851$ hay/h.

V_{we2} : Korjaus ei ole tarpeen, koska kuorma-autoja ei esiinny.

$V_{we1} + V_{we2} = 851 + 700 = 1551$ hay/h.

Kun $V_{we1} + V_{we2} = 1551$ hay/h ja $L = 260$ m, saadaan kuvaajan mukaan liikennevirran laatu luokaksi III ja $k = 3.0$ (pyöristettynä lähimpään arvoon).

Taulukon 7.3 mukaan tämä tulos on moottoriteillä hyväksyttävä, vaikkakin minimiarvo palvelutasolla C.

Sekoittumisalueen leveys (kaavaa käyttämällä):

Keskimääräinen SV_C tulohaaroilla:

Kuorma-autojen keskimääräinen prosenttiosuus:

$$1700 \times 0.03 = 51$$

$$2900 \times 0.01 = 29$$

$$1600 \times 0.00 = 0$$

$$2200 \times 0.01 = 22$$

$$\frac{800}{9200} \times 0.06 = \frac{48}{150}$$

$150/9200 = 0.0162 \approx 2$ % kuorma-autoja.

Kun $E_T = 2$ ja kuorma-autojen osuus on 2 %, saadaan $T_L = 0.98$.

Keskimääräinen $SV_C = 2750 \times 0.98 = 2695$ ajon./h kahdella ajokaistalla.

$2695/2 = 1348$ ajon./h yhtä ajokaistaa kohti.

$N = \frac{V + (k - 1) V_{w2}}{SV_C} = \frac{1700 + 2900 + (3.0 - 1.0) \times 700}{1348} = 4.5$ ajokaistaa

Ehdotetut kolme ajokaistaa eivät riitä.

Tieosa 7-8:

SV_C on edelleen 2750 hay/h, eikä tällä tieosalla ole kuorma-autoja, joten palvelutason välityskyky vastaa jälleen 2750 ajon./h.

Liikennemäärä $V = 1600$ ajon./h.

$1600 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Huom: Edellä esitetyissä laskelmissa käytetyt menetelmät varmistavat yleensä sen, että käyttönopeudet ovat riittävän suuria, jos liikennemääräedellytykset toteutuvat kaikilla esitetyillä tieosilla, mutta lopullinen tarkistus voidaan suorittaa kuvan 9.1 avulla.

b) Suunnitelman muutokset:

Kohdassa a) esitetyt laskelmat osoittavat, että olosuhteet olivat tyydyttäviä seuraavia poikkeuksia lukuunottamatta:

1. Rampissa 3 liittyvä yhteisliikennemäärä on liian suuri.
2. Moottoritien osa 3-4 ei toimi tyydyttävästi.
3. Rampin 4 erkaneva yhteisliikennemäärä on rajatapaus.
4. Moottoritien osa 5-6 ei toimi tyydyttävästi.
5. Sekoittumisalueen 5-7 leveys ei ole riittävä.

Tieosa 3-4:

Näyttää siltä, että ramppiliittymien 3 ja 4 välissä lisäkaista olisi suotava, ja tämä lisäkaista todennäköisesti poistaisi edellä esitetyn luettelon puutteet 1, 2 ja 3. Tarkistetaan tämä ehdotus:

Ramppi 3:

Käytetään kuvaa 8.7 sekä kuvaa 8.20

$$V_1 = 281 + 0.400 V_f - 0.738 D_d + 0.394 V_d \\ = 281 + (0.400 \times 2400) - (0.738 \times 330) + (0.394 \times 600) = 1230 \text{ ajon./h.}$$

Ensimmäisen ajokaistan suoraan ajava liikennemäärä $= V_1 - \text{rampin 4 liikennemäärä} = 1230 - 600 = 630$.

Suoritetaan tarkistus lisäkaistan keskipisteessä käyttämällä kuvaa 8.20.

Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä $=$ suoraan ajava liikennemäärä + liittyneet ajoneuvot + vielä erkaantumattomat ajoneuvot $= 630 + (0.57 \times 700) + (0.25 \times 600) = 1179$ ajon./h.

$1179 < 1550$, joka saadaan taulukosta 8.1, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Lisäkaistan liikennemäärä:

V_1 (ylävirtaan) + V_r (liittyvät) - V_1 (keskipisteessä) $= 1230 + 700 - 1179 = 751$ ajon./h, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Sekoittuminen 150 metrin matkalla: Ratkaisu on selvästi tyydyttävä.

Tarkistetaan moottoritien kaikkien ajokaistojen kokonaisliikennemäärä tieosalla 3-4:

V (ylävirtaan) + V_r (liittyvät) - V (lisäkaistalla) $= 2400 + 700 - 751 = 2349$ ajon./h. $2349 < 2750$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Ramppi 4: Edellä esitetty rampin 3 tarkistus on osoittanut, että tien toiminta ennen rampin 4 on nyt täysin hyväksyttävä.

Tulos: Lisäkaista tieosalla 3-4 poistaa luettelossa esitetyt puutteet 1, 2 ja 3.

Tieosa 5-6:

Virheenä on yksinkertaisesti riittämätön leveys.

Korjataan leveys 3 ajokaistaksi.

$$SV_C = 4350 \times 0.99 = 4310$$

$2900 < 4310$, joten toiminta on tyydyttävä.

Sekoittumisalue 6-7:

Sekoittumisalueella tarvitaan lisää ajokaistoja.

Sekoittumisalue rakennetaan siten, että sillä on 5 ajokaistaa.

Johtopäätökset:

Tarpeelliset muutokset:

1. Rakennetaan lisäkaista liittyvästä rampista 3 erkanemaan ramppiin 4.
2. Rakennetaan tieosa 5-6 kolmikaistaiseksi kumpaankin suuntaan.
3. Levennetään sekoittumisalue 6-7 viisi-kaistaiseksi.

Esimerkki 9.7

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Maaseudulla sijaitseva pikatie (tarkastellaan länsi-itäsuuntaista liikennettä, vertaa kuva). Tie on nelikaistainen kaksiajoratainen pikatie, ja sillä on leveä keskikaista.

Pääliikennesuunnan ajokaistojen leveys 3.3 m. Sivuesteitä ei esiinny.

Merkittäviä pituuskaltevuuksia ei esiinny.

Tien geometria on hyvä.

Tien varrella on jonkin verran pieniä liittymiä.

Kukin kuvassa esitetty viiva vastaa yhtä ajokaistaa.

Keskimääräiset maaseudun olosuhteet.

Liikennemäärät on osoitettu kuvassa.

Liittymä 1:

Pienehkö poikittaistie.

Liikennevalojakson pituus 90 s.

Pikatien vihreä aika 60 s.

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 3 %.

Vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja 2 %.

(Nämä ajoneuvot eivät katkaise vastaan tulevaa liikennevirtaa, vaan niille on varattu ryhmittymisalue, jolla ne voivat odottaa poikittaistien vihreätä liikennevalovaihetta.)

Liittymä 2:

Huomattava poikittaistie.

Liikennevalojakson pituus 90 s.

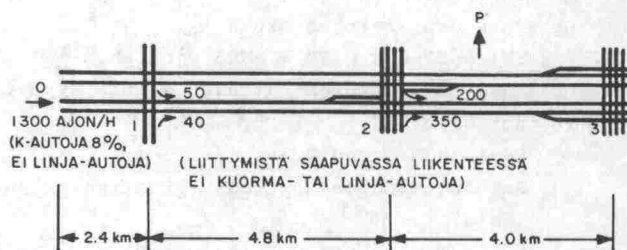
Pikatien vihreä liikennevalovaihe: Suoraan ajaville ja oikealle kääntyville 33 s, vasempaan kääntyville erillinen vaihe 15 s. (Oikealle kääntyvät ajoneuvot eivät saa ajaa vasempaan kääntyvien valovaiheen aikana).

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 15 %.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 12 %, jotka käyttävät erillistä 3.0 m leveätä vasenta ryhmittymiskaistaa.

Liittymä 3 (tie levennetty liittymän kohdalla kolmeksi 3.3 m leveäksi ajokaistaksi):

Poikittaistie huomattava, mutta levennetty neljäksi ajokaistaksi niin, että se tarvitsee vain lyhyen vihreän vaiheen.



Liikennevalojakson pituus 60 s.

Pikatien vihreän vaiheen pituus 42 s, samanaikainen kaikille ajosuunnille.

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 4 %.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 3 %. (Tässäkin tapauksessa nämä ajoneuvot eivät häiritse vastakkaissuuntaista liikennevirtaa, koska ne odottavat kääntymisen jälkeen poikittaistien vihreätä vaihetta.)

On määritettävä: Palvelutason B välityskyky kullakin elementillä sekä esiintyvän liikennemäärän ja palvelutason välityskyvyn suhde. Saatuja tuloksia on myös arvosteltava.

Ratkaisu:

Pisteeseen 0 saapuvien henkilö- ja kuorma-autojen lukumäärä:

$$1300 \times 0.08 = 104 \text{ kuorma-autoa.}$$

$$1300 - 104 = 1196 \text{ henkilöautoa.}$$

Tieosa 0-1:

$$SV_B = 2000 N (v/c) W T_L$$

jossa

$$N = 2.$$

$v/c = 0.50$, joka saadaan taulukosta 9.1.

$W = 0.97$, joka saadaan taulukosta 9.2.

T_L : Taulukosta 9.4 saadaan $E_T = 2$. Taulukosta 9.6 saadaan $T_L = 0.93$.

$$SV_B = 2000 \times 2 \times 0.50 \times 0.97 \times 0.93 = 1805 \text{ ajon./h}$$

Tunnettu liikennemäärä = 1300 ajon./h.

$1300 < 1805$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Liittymä 1:

Käytetään kuvaa 6.10.

Tulohaaran leveys = 6.6 m.

Kuormituskerroin liittymän palvelutasolla B on 0.1.

Kuvaajasta saatava liikennemäärä = 1500 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

$$G/C\text{-suhde} = 60/90 = 0.67.$$

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 3 % (taulukko 6.4), korjauskerroin 1.035.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 2 % (taulukko 6.4, koska niiden vaikutus vastaa yksisuuntaisella kadulla esiintyvää tapausta), korjauskerroin 1.04.

Kuorma-autojen osuus 8 % (taulukko 6.6), korjauskerroin 0.97.

$$SV_B = 1500 \times 0.67 \times 1.035 \times 1.04 \times 0.97 = 1050 \text{ ajon./h.}$$

$1300 > 1050$, joten ratkaisu ei ole tyydyttävä.

Tieosa 1-2:

$$\text{Tunnettu liikennemäärä} = 1300 + 50 + 40 = 1390 \text{ ajon./h.}$$

$$104/1390 = 0.075, \text{ eli kuorma-autoja noin } 7 \%$$

Korjauskertoimet eivät muutu.

$$SV_B \text{ on edelleen } 1805 \text{ ajon./h.}$$

$1390 < 1805$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Liittymä 2:

Käytetään kuvaa 6.10.

Suoraan ajavat ja oikealle kääntyvät ajoneuvot:

Tulohaaran leveys suoraan ajaville ja oikealle kääntyville on 6.6 m.

Kuormituskerroin on 0.1.

$$\text{Kuvaajasta saatava liikennemäärä} = 1500 \text{ ajon./vihreä tunti.}$$

Korjauskertoimet:

$$G/C\text{-suhde} = 33/90 = 0.37.$$

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 15 % (taulukko 6.4), korjauskerroin 0.975.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 0 % tässä vaiheessa (taulukko 6.4), korjauskerroin 1.10.

Kuorma-autojen osuus 8 %, korjauskerroin 0.97.

$$1500 \times 0.37 \times 0.975 \times 1.050 \times 0.97 = 551 \text{ ajon./h suoraan ajavia ja oikealle kääntyviä yhteensä.}$$

Vasempaan kääntyvät ajoneuvot:

$$G/C\text{-suhde} = 15/90 = 0.17.$$

Kuorma-autojen osuus 8 % (taulukko 6.6), korjauskerroin 0.97.

Kun kuorma-autoja ei ole, saadaan palvelutasolla B $800 \times 0.17 \times 0.97 = 132 \text{ ajon./h vasempaan kääntyviä.}$

Liittymän palvelutaso, kun oletetaan, että suoraan ajavat ja oikealle kääntyvät ovat määräävinä:

$$551/(1.00 - 0.12) = 627 \text{ ajon./h, joka on liittymään saapuvien ajoneuvojen kokonaismäärä.}$$

Kun liikennemäärän jakautuma on osoitetun suuruinen, saadaan vasempaan kääntyviä ajoneuvoja $627 \times 0.12 = 75$.

$75 < 132$, joten vasempaan kääntyvien toimivuus on tyydyttävä verrattuna suoraan ajavien ja oikeaan kääntyvien toimintaan.

$1390 > 627$, joten liittymä ei toimi palvelutasolla B.

Tieosa 2-3:

$$\text{Tunnettu liikennemäärä} = 1390 + 200 + 350 = 1940 \text{ ajon./h.}$$

$$104/1940 = 5.3 \%, \text{ eli kuorma-autojen osuus noin } 5 \%$$

Taulukosta 9.4 saadaan $E_T = 2$. Taulukosta 9.6 saadaan $T_L = 0.93$.

$$SV_B = 2000 \times 2 \times 0.50 \times 0.97 \times 0.93 = 1805 \text{ ajon./h.}$$

$1940 > 1805$, joten ratkaisu ei ole tyydyttävä.

Liittymä 3:

Käytetään kuvaa 6.10.

Tulohaaran leveys on 9.9 m.

Kuormituskerroin on 0.1.

$$\text{Kuvaajasta saatava arvo} = 2200 \text{ ajon./vihreä tunti.}$$

Korjauskertoimet:

$$G/C\text{-suhde} = 42/60 = 0.70$$

Oikealle kääntyviä ajoneuvoja 4 % (taulukko 6.4), korjauskerroin 1.015.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 3 % (taulukko 6.4, koska toiminta samantyyppinen kuin yksisuuntaisella tiellä), korjauskerroin 1.015. Kuorma-autojen osuus 5 % (taulukko 6.6), korjauskerroin 1.00.

$$SV_B = 2200 \times 0.70 \times 1.015 \times 1.015 \times 1.00 = 1587 \text{ ajon./h}$$

$1940 > 1587$, joten ratkaisu ei ole tyydyttävä.

Tulosten arvostelu:

Todettiin, että mikään liittymistä ei tyydyttänyt palvelutason B edellytyksiä, minkä lisäksi pika-tien osa 2-3 ei myöskään tyydytä palvelutason B edellytyksiä.

On kuitenkin muistettava, että liittymien palvelutasoja ei voida verrata suoraan katkeamattoman liikennevirran palvelutasoihin, koska määrittämisperusteet ovat erilaiset. On oletettavissa, että tavanomaiset liittymät, jotka katkaisevat tasaisesti etenevän liikennevirran, eivät palvele liikennettä samalla tasolla kuin muu tie, ellei liittymiä levennetä. On kuitenkin ensiarvoisen tärkeätä, että ainakin liittymän välityskyky on yhtä suuri kuin suunnittelun perustana olevan palvelutason välityskyky.

Liittymän 1 välityskyky saadaan kuvaa 6.10 käyt-
tämällä $(2000/1500) \times 1050 = 1400$ ajon./h.

$1300 < 1400$, joten ratkaisu on tyydyttävä.

Liittymä 1 aiheuttaa täten tietylle liikenteen
osalle yhtä liikennevalojaksoa pitemmän viiväs-
tyksen, mutta siihen ei muodostu jatkuvia jonoja.

Liittymässä 2 tilanne on kriittisempi. Tässä ta-
pauksessa poikittaistie samoin kuin erillinen kään-
tyvä liikenne vaatii niin paljon vihreätä aikaa,
että kaksi suoraan ajaville ajoneuvoille varattua
ajokaistaa eivät kykene välittämään tien suunnit-
teluperusteena olevaa liikennemäärää käytettävissä
olevassa ajassa. Vastakkaissuuntaisen liikenteen
vasempaan kääntyvistä ajoneuvoista riippuen saat-
taisi vasempaan kääntyville ajoneuvoille varattu
"ennakkovihreä" vaihe antaa jonkin verran lisää ai-
kaa länsi-itäsuuntaiselle pääliikennemäärälle.
Koska poikittaisliikenne on kuitenkin voimakasta,
voidaan tämän kohteen toiminta korjata täysin vain
leventämällä liittymää huomattavasti tai rakenta-
malla eritasoliittymä.

Liittymän 3 olosuhteet ovat suhteellisen hyvät,
koska poikittaistietä on levennetty niin riittä-
västi, että se voi välittää esiintyvän liikenteen
lyhyen ajan kuluessa. Lisäksi pikatie on myös le-
vennetty, mikä korvaa osan menetetystä vihreästä
ajasta.

Pikatien osalla 2-3 poikittaistieltä saapuva suu-
ri liikennemäärä on alentanut tien toiminnan jon-
kin verran palvelutason C puolelle. Jos palvelu-
taso B halutaan saavuttaa, on pikatie tällä osalla
levennettävä kolmikaistaiseksi.

Esimerkki 9.8

Osa a)

Tehtävä: Kuvassa osoitetulle nelikaistaiselle
moottoritiejaksolle on määritettävä painotettu
palvelutaso, kun tielle on jo määritetty kuvassa
esitetyt palvelutasoa kuvaavat suureet ($HTK = 0.77$)

Ratkaisu:

Käyttösuhteen painotus:

$$0.45 \times 2 = 0.90$$

$$0.50 \times 4 = 2.00$$

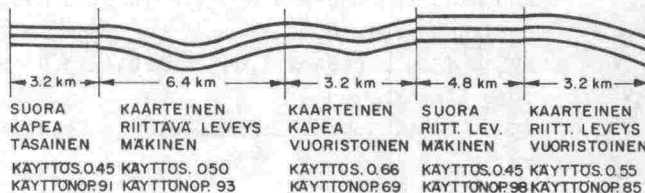
$$0.66 \times 2 = 1.32$$

$$0.45 \times 3 = 1.35$$

$$0.55 \times 2 = 1.10$$

$$13 \quad 6.67$$

$6.67/13 = 0.51$, joka on painotettu käyttö-
suhteen arvo palvelutasolla C.



Käyttönopeuden painotus:

$$91 \times 2 = 182$$

$$93 \times 4 = 372$$

$$69 \times 2 = 138$$

$$98 \times 3 = 294$$

$$85 \times 2 = 176$$

$$13 \quad 1156$$

$1156/13 = 88.9$ km/h, joka on painotettu
käyttönopeus palvelutasolla B.

Tien yleinen palvelutaso on C, jonka käyttösuhte
määrittää.

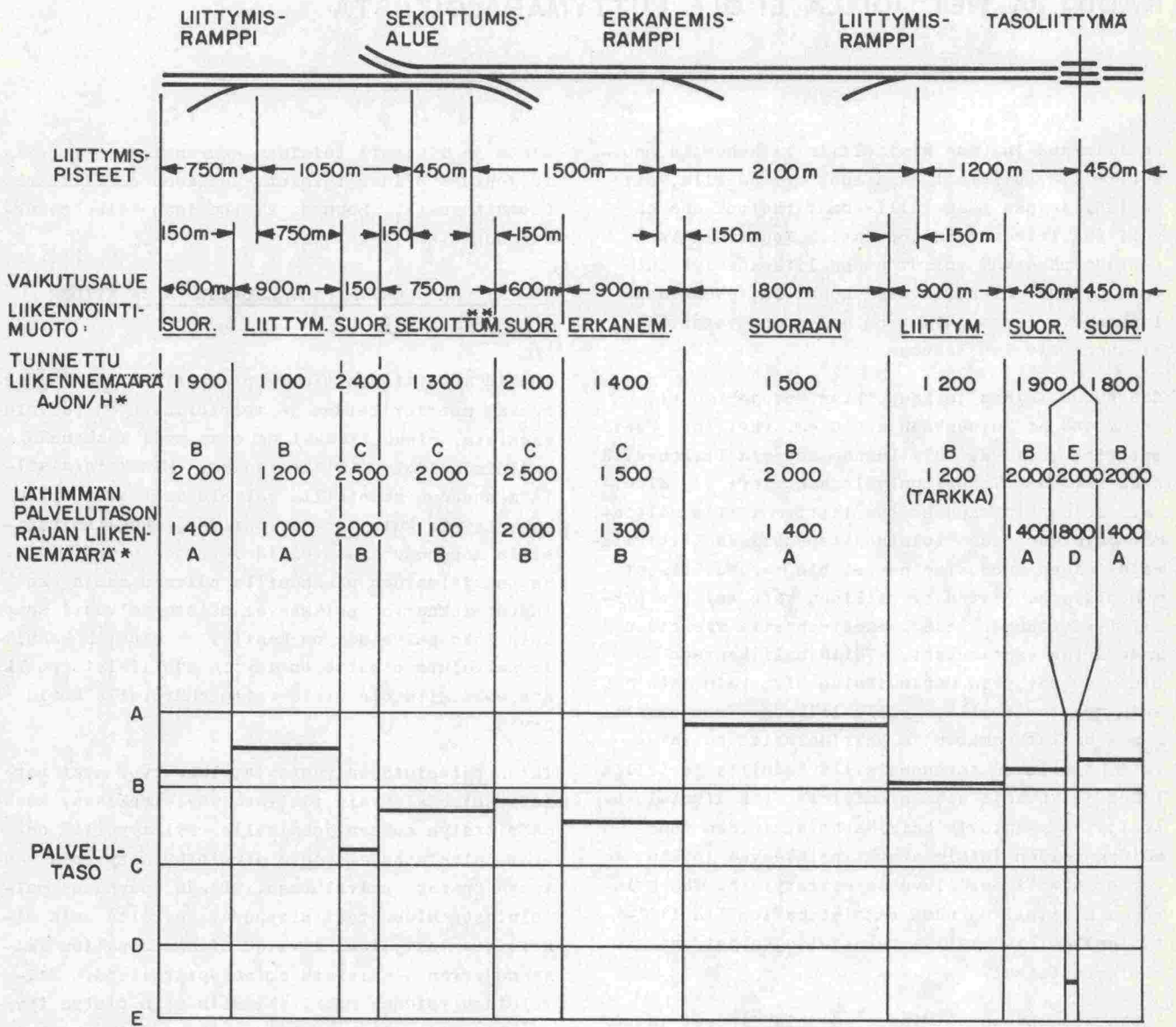
(Palvelutaso on kuitenkin vain hieman C:n puolella,
koska käyttösuhteen arvo on vain 0.01 enemmän kuin
palvelutasolle B sallitaan, ja käyttönopeus on
hieman palvelutason B alarajaa korkeampi.)

Osa b) (Kuva seuraavalla sivulla)

Tehtävä: On määritettävä esitetyn pikatiejakson
likimääräinen yleinen palvelutaso, kun jakso muo-
dostuu erilaisista elementeistä, joille ei ole
käytettävissä numeerisia palvelutason määrittä-
vien suureiden arvoja. ($HTK = 0.83$, geometria
ihanteellinen eikä kuorma-autoja esiinny).

Ratkaisu:

Johtopäätös: Keskimääräinen yleinen palvelutaso
on suunnilleen B:n rajalla lukuunottamatta taso-
liittymää, joka toimii hyvin lähellä välityskykyä.
Tässä kohdassa toimivuus poikkeaa niin paljon muus-
ta tiestä, että se tulisi käsitellä ja ottaa huo-
mioon erikseen, eikä sisällyttää keskiarvoon.



* TUNNETUT LIIKENNEMÄÄRÄT JA NIIDEN MOLEMMIN PUOLIN OLEVAT PALVELUTASOJEN RAJAT ON SAATU TIEOSAKOHTAISESTA TARKASTELUSTA.

** SEKOITTUMISEN PALVELUTASORAJAT SAATU LUVUN 7 KUVASTA 7.4, SEKOITTUVA LIIKENNEMÄÄRÄ ON PALVELUTASON MÄÄRÄÄVÄ SUURE (AJOKAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ EI OLE MÄÄR. SUURE).

LUKU 10

KADUT JA TIET, JOILLA EI OLE LIITTYMÄRAJOITUSTA

Edellisessä luvussa käsiteltiin liikennettä moottoriteilla, pikateilla ja moottorikaduilla, eli teillä, joiden pääasiallisena tarkoituksena on välittää liikennettä nopeasti. Koska ulkoiset tekijät pääsevät vaikuttamaan liikennevirtaan vain joissakin määrätyissä kohdissa, pääasiassa liikennevirran sisäiset ominaisuudet vaikuttavat liikennepalvelun laatuun.

Maaseudun teiden ja kaupunkien katujen suuri enemmistö ei kuitenkaan kuulu em. väyliin. Useimmat tiet joutuvat välittämään nopeata liikennettä sekä samanaikaisesti palvelemaan viereisiä alueita. Joissakin tapauksissa liittymät ovat välttämättömiä, kun taas toisissa tapauksissa liittymisrajoituksen muodostaminen ei ole taloudellisesti mahdollista. Täten tyyppillinen katu tai tie pyrkii tyydyttämään sekä liikenteen että viereisen maankäytön vaatimukset. Tällöin liikenteen toiminta tulee hyvin monimutkaiseksi. Päinvastoin kuin moottoriteilla, joilla liikennevirta tavallisesti on katkeamaton ja häiriöalueita esiintyy vain harvoin, on tavanomaisilla kaduilla ja teillä lähes jatkuvasti sekä sisäisistä että ulkoisista tekijöistä johtuvia häiriökohtia, joiden vuoksi näiden teiden tutkimistavat poikkeavat jonkin verran edellisessä luvussa esitetyistä. Tässä luvussa käsitellään nämä rajoittamattomilla liittymismahdollisuuksilla varustettujen teiden tutkimismenetelmät.

Koska liikenteen toiminnan ominaispiirteet ja niihin vaikuttavat tekijät vaihtelevat huomattavasti eri teillä, on tässä luvussa käsitelty erikseen viisi erilaista tietyyppiä. Ensin käsitellään monikaistaisia, yksi- tai useampiajoraitaisia teitä, joilla ei ole liittymärajoitusta. Toiseksi käsitellään kaksikaistaisia teitä ja kolmanneksi tämän jälkeen lyhyesti kolmikaistaisia teitä. Kaikkia näitä tietyyppisiä käsitellään pääasiassa maaseutuolosuhteissa, jolloin liittymien ja muiden väyläliikenteen kohtien lukumäärä on verraten alhainen. Neljänneksi käsitellään kaupunkialueiden pääkadut erikseen, koska kaupunkimaisen liikenteen säännöistä, ohjausmenetel-

mistä ja tiheästi toisiaan seuraavista liittymistä johtuen niiden toiminta poikkeaa edellisistä huomattavasti. Lopuksi käsitellään liikekeskusten huomattavia katuja.

YLEISIÄ NÄKÖKOHTIA PALVELUTASOISTA JA NIIDEN VÄLITYSKYVYISTÄ

Edellä mainittujen tietyyppien palvelutasot poikkeavat moottoriteiden ja moottorikatujen palvelutasoista, minkä lisäksi ne ovat myös keskenään erilaisia tietyyppistä riippuen. Monikaistaisilla maaseudun maanteilla palvelutasot ovat hyvin samanlaisia kuin moottoriteilla ja kaksikaistaisilla maaseudun maanteilla verraten samanlaisia. Kaupunkialueiden pääkaduilla palvelutasoja vastaavat lukuarvot poikkeavat muista selvästi samoin kuin koko palvelutason käsite. Keskustan kaduilla palvelutasokäsite on täysin edellisistä poikkeava, eikä sitä ole vielä voitu määrittellä kovin hyvin.

Täten palvelutasoa vastaavat lukuarvot ovat vertailukelpoisia vain tietyssä väyläluokassa, koska määrittelyn mukaan jokaisella väylätyypillä on omat palvelutasoalueensa samoin kuin tyyppiä vastaava "paras" palvelutaso. Tämän "parhaan" palvelutason olosuhteet riippuvat suurelta osin ulkoisista tekijöistä eivätkä niinkään paljon liikennevirran sisäisistä ominaispiirteistä. Palvelutaso voidaan määrittää siis vain tietyn tyyppiselle tieosalle, jolloin se kuvaa tieosan eri kohdissa vallitsevien ajo-ominaisuuksien keskimääräistä vaikutusta. Erilaisia tietyyppisiä ei voida tutkia yhdessä, joten esimerkiksi tiellä, jonka yksi osa on nelikaistainen ja toinen kaksikaistainen, tarkastelu tulisi tehdä erikseen ainakin näillä kahdella osalla.

Muilla kuin moottoriteilla ja niihin verrattavilla väylillä on useita eri tekijöitä otettava huomioon palvelutasoja ja niiden välityskykyä arvioitaessa. Tavallisilla teillä ulkoisten tekijöiden vaikutukset liikennevirtaan ovat liikennemäärästä riippumatta suurempia kuin moottori-

teillä, koska häiriökohtia on useita ja ne ovat lähekkäin toisiaan. Nämä vaikutukset heijastuvat selvimmin näiden teiden moottoriteihin verrattuna alhaisemmissa nopeuksissa kaikilla liikennemäärillä. Tällaisen nopeuden alenemisen vaikutus on erilainen kuin tarkoituksellisen, liikenneturvallisuuden tai muiden syiden takia määrätyn nopeusrajoituksen vaikutus. Jos liikennemerkein osoitettu nopeusrajoitus on alhaisempi kuin asianomaisen nopeus-liikennemääräkäyrän mukaan voitaisiin saavuttaa, voidaan liikennevirrassa ajaa tällä nopeudella ilman, että sen ominaisuudet näkyvästi muuttuvat siihen asti, kun liikennemäärä vastaa kyseistä nopeutta.

Samoin kuin luvussa 9 määritetään palvelutasot tässäkin luvussa nopeuden ja käyttösuhteen perusteella. Vastaavasti eri palvelutasojen rajoja osoitetaan erilaisilla nopeusarvoilla. Tässä yhteydessä käytetään kuitenkin kahta erilaista nopeudenmittausmenetelmää, käyttönopeutta ja keskimatkanopeutta. Tarkasteluissa eri tietyypeillä käytetty nopeustyyppi riippuu havaintomateriaalissa käytetyistä tutkimusmenetelmistä sekä siitä, kumpi nopeus on tarkasteltavalla tiellä merkitsevämpi. Käyttönopeus vastaa, samoin kuin edelläkin, suurinta vallitsevissa liikenneolosuhteissa mahdollista turvallista nopeutta, jolla yksittäinen ajoneuvo voi liikennöidä ylittämättä ohjenopeutta missään pisteessä. Keskimatkanopeus tietyllä tieosalla on yksittäisten ajoneuvojen nopeuksien keskiarvo ja vastaa sitä nopeutta, jonka kaikkien ajoneuvojen keskimäärin voidaan olettaa saavuttavan. Tämä nopeus voidaan määrittää laskennallisesti ajoneuvojen matka-ajoista tietyllä tieosalla.

Maaseudun teillä käytetään nopeuden mittana normaalisti käyttönopeutta, koska niillä on yleensä katkeamaton liikennevirta. Kuten aikaisemminkin, se vastaa korkeinta mahdollista nopeutta tietyllä liikennemäärällä, jolloin yksittäisten ajoneuvojen havaittujen nopeuksien vaihtelu ei vaikuta siihen. Tietyn tien tai kadun häiriytymättömän liikennevirran käyttönopeus eli korkein turvallinen nopeus hyvin alhaisilla liikennemäärillä määräytyy seuraavien tekijöiden perusteella:

- 1) Tien rakenteelliset ominaisuudet
- 2) Kiinteiden liikenteen katkeamien toistumisvälit ja kestoajat. (Nopeusrajoituksilla voidaan estää alhaisilla liikennemäärillä mahdollisten käyttönopeuksien saavuttaminen.)

Edellisen perusteella todetaan, että määrätyn palvelutason käyttönopeus kuvastaa kyseisen palvelutason liikennemäärän vaikutusta. Tämän vuoksi monikaistaisia ja kaksikaistaisia teitä pääasiassa maaseutuolosuhteissa käsiteltäessä ver-

taan käyttösuhteen edustamia liikennemääriä tavallisesti käyttönopeuksiin.

Samoin kuin luvussa 9 moottoriteitä käsiteltäessä, koskevat käyttösuhteen eri palvelutasojen rajoja osoittavat arvot myös moni- ja kaksikaistaisilla teillä katkeamatonta liikennevirtaa ja soveltuvat liikennemäärän kannalta vain ihanneolosuhteisiin eli tapaukseen, jossa keskimääräinen tienopeus on 112 km/h (70 mph). Vastaavasti tässäkin tapauksessa nämä rajat ovat yleensä epärealistisia, jos niitä sovelletaan geometrisesti huonohkoille teille, koska niitä vastaavat liikennemäärät ovat korkeampia kuin mitä kyseisen palvelutason rajalla esiintyvällä käyttönopeudella voidaan saavuttaa. Tämän vuoksi on laskentamenetelmien yhteydessä esitetty myös käyttösuhteen "työarvot", joita voidaan käyttää teillä, joiden keskimääräinen tienopeus on verraten alhainen. Monikaistaisilla teillä nämä arvot ovat likimääräisiä. Kaksikaistaisilla teillä, joilla tällaiset arvot ovat tärkeitä ja otettava usein huomioon, ne perustuvat verraten yksityiskohtaisiin tutkimuksiin.

Edellä esitetyistä olosuhteista poiketen taajaan rakennettujen kaupunkialueiden kaduilla esiintyy useita liikenteen katkeamia, ja käytetyt nopeusrajoitukset perustuvat enemmän yleiseen liikenneturvallisuuteen kuin liikennevirran kannalta edullisimpaan ratkaisuun. Tällaisilla kaduilla sekä muilla teillä, joilla liikenteen katkeamia esiintyy lyhyin välimatkoin tai joilla on käytetty liikenneturvallisuuden perusteella määritettyjä nopeusrajoituksia, on keskimatkanopeus sopivampi nopeuden mittasuure. Tällaisilla teillä mahdollisten ja todellisten keskimääräisten nopeuksien erot pienenevät hyvin nopeasti nopeusrajoitusten alentuessa ja liikenteen katkeamien toistuessa lyhyin välimatkoin. Tien geometrialla on joitakin ääritapauksia lukuunottamatta yleensä vain vähän merkitystä. Liikenteen ominaispiirteet perustuvat enemmän ajoneuvoryhmän kuin yksittäisen ajoneuvon ajotapaan. Jos tarkastelun kohteena on

- 1) kaupunkialueiden kadut,
- 2) tiet, joilla on lähekkäin toisiaan sijaitsevia liikennevaloja tai pakollista pysähtymistä osoittavia liikennemerkkejä, tai
- 3) tiet, joilla on geometrisiin olosuhteisiin verrattuna alhaisia nopeusrajoituksia,

on tien analysointi edullista suorittaa myöhemmin tässä luvussa esitettävillä menetelmillä, jotka koskevat kaupunkialueiden pääkatuja ja keskustan katuja sekä käyttää nopeuden mittana keskimatkanopeutta. Tällaisissa tapauksissa voidaan määrittää vain likimääräiset käyttösuhteen arvot, koska kaupunkialueilla teiden välityskyky vaihtelee huomattavasti.

Myöhemmin tässä luvussa todetaan, ettei katkeamattomaan liikennevirtaan sovelleta huipputuntikerrointa. Tavallisilla maaseudun teillä on liikenteen huippuuntumista tutkittu varsin vähän pääasiassa ehkä siitä syystä, että verraten usein esiintyvien, erilaisia liikennevastuksia aiheuttavien tekijöiden yleensä katsotaan peittävän al-

leen huippuuntumisen vaikutukset. Jos jollakin määrättyllä maaseudun tiellä liikenteen ominaisuudet ovat samankaltaisia kuin moottoriteillä, tai jos liikenteen huippuuntuminen on ilmeistä, tulisi kyseisessä tapauksessa harkinnan mukaan ehkä soveltaa luvussa 9 esitettyjä huipputuntikertom-
ia.

MONIKAISTAISET MAASEUDUN TIET

Tässä tekstiosassa käsitellään sellaisia monikaistaisia teitä, joita ei voida pitää moottoriteinä, pikateinä tai moottorikatuina, koska ne ovat yksiajorataisia tai vailla liittymärajoitusta tai molempia. Vaikka moottoritiet, pikatiet ja moottorikadut ovat myös monikaistaisia joitakin poikkeuksia lukuunottamatta, on ne liittymärajoituksen ja korkealuokkaisten suunnitteluelementtien vuoksi käsiteltävä erikseen, kuten luvussa 9 tehtiin.

Samoin kuin moottoriteillä, esiintyy tavallisilla maaseudun monikaistaisilla teillä yleensä verraten katkeamaton liikennevirta, vaikkakin näillä teillä esiintyy erilaisia häiriökohtia, jotka alentavat liikennevirran laatua moottoriteihin verrattuna. Eri teillä vallitsevista useista erilaisista olosuhteista johtuen ei tällaisten teiden liikennevirta kuitenkaan aina ole katkeamaton. Tämän vuoksi käsitellään tekstissä ensin palvelutasot katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, minkä jälkeen tarkastellaan kiinteiden liikenteen katkeamien sekä yleensä häiriökohtien vaikutuksia.

Eräänä merkittävänä tavallisten monikaistaisten teiden ja moottoriteiden toiminnassa esiintyvänä erona on havaittu, että vaikka tavallisella monikaistaisella tiellä on yli kaksi ajokaistaa samaan ajosuuntaan, nämä lisäkaistat eivät aina lisää tien tehokkuutta samalla määrällä kuin mitä aikaisemmin moottoriteitä ja moottorikatuja käsiteltäessä ylimpien ja alimpien liikennemäärien välisellä alueella todettiin tapahtuvan. Useissa tapauksissa kohtaamisvastus sekä vasemmalle kääntyvät tai vasemmalta saapuvat ajoneuvot häiritsevät sisempiä ajokaistoja yhtä paljon kuin hidas liikenne ja tien oikealla puolella esiintyvät vastustekijät häiritsevät ulompia ajokaistoja. Tästä johtuen tavallisia monikaistaisia teitä tutkittaessa oletetaan, että kullakin samaan suuntaan liikennöidyllä ajokaistalla palvelutason välityskyky on yhtä suuri ajokaistojen lukumäärästä riippumatta. Tällöin käyttönopeus kuvastaa kaikkien ajokaistojen keskimääräisiä olosuhteita.

Vaikka liikennemäärät olisivat hyvin alhaisia, vaikuttavat ne havaittavasti käyttönopeuksiin. Päin vastoin kuin moottoriteillä, tielle saapuvat, sieltä poistuvat sekä tien ylittävät ajoneuvot häiritsevät liikennettä useissa eri pisteissä, minkä lisäksi vastakkaiseen suuntaan ajavat ajoneuvot saattavat vaikuttaa häiritsevästi liikenteen toimintaan. Liikennemäärien kasvu alentaa käyttönopeuksia vastaavasti.

Tavallisilla monikaistaisilla teillä, joilla ei ole liittymärajoitusta, ihanneolosuhteet ovat varsin samanlaisia kuin moottoriteillä. Edellytyksinä ovat mm. 3,6 m leveät ajokaistat, riittävä etäisyys sivusteisiin sekä riittävän leveät pientareet, 112 km/h:n (70 mph) keskimääräisen tienopeuden edellyttämä tien geometria, minkä lisäksi liikennevirrassa ei saa olla raskaita ajoneuvoja. Tällaisten teiden ajokaistaa kohti laskettu välityskyky ihanneolosuhteissa on myös sama eli 2000 hay/h. Ihanneolosuhteiden esiintymistodennäköisyys on kuitenkin huomattavan pieni, jolloin useimmissa tapauksissa joudutaan käyttämään monia luvussa 5 esitettyjä korjauskertom-
ia, jotka käsitellään uudelleen tässä luvussa.

Luvun 3 kuvissa 3.27, 3.39 ja 3.42 esitettiin tavallisten monikaistaisten teiden tyypillinen nopeusjakautuma sekä nopeuden ja liikennemäärän välinen riippuvuus ihanneolosuhteissa. Kuten edellä mainittiin, vain hyvin harvoilla monikaistaisilla maanteillä vallitsevat olosuhteet ovat ihanteellisia, mistä johtuen nämä käyrät vastaavat vain harvoin tien todellista toimintaa, eikä niitä siis tulisi käyttää laskennollisiin tarkoituksiin.

PALVELUTASOT

Tavallisilla monikaistaisilla teillä ovat eri palvelutasojen ominaispiirteet katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa suurelta osin samanlaisia kuin moottoriteiden olosuhteet, jotka esitettiin luvussa 9. Pääasiallisimpina eroina ovat lähes kaikkia liikennemääriä vastaavat hieman alhaiset

käyttönopeudet, mistä johtuen tiettyjen palvelutasojen rajoja osoittavat käyttönopeuden ja käytösuhteen arvot ovat hieman aikaisemmin esitetyistä poikkeavia.

Lyhyesti esitettynä palvelutaso A alkaa tilanteesta, jossa liikennemäärä on 0 ja ulottuu häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa kohtaan, jossa käyttönopeus on alentunut enintään 16 km/h (10 mph) häiriytymättömässä liikennevirrassa alhaisilla liikennemäärillä saavutettua arvoa alemmaksi. Tällöin liikennemäärä on enintään 30 % välityskyvystä. Palvelutaso A rajaa ihanneolosuhteissa vastaa liikennemäärä 600 hay/h ajokaistaa kohti ja käyttönopeus 96 km/h (60 mph). Tällä palvelutasolla nopeusrajoitukset yleensä vaikuttavat keskimääräisiin nopeuksiin. Palvelutaso B yläraja osoittaa kohdan, jossa liikennevirta muuttuu vakaaksi. Palvelutasoa vastaavalla liikennemäärällä useimpien ajoneuvojen aikavälit ovat sellaisia, että edellä ajava ajoneuvo vaikuttaa seuraavaan jonkin verran. Liikennemäärä on enintään 50 % välityskyvystä. Ihanneolosuhteissa liikennemäärä on siis 1000 hay/h ajokaistaa kohti ja käyttönopeus 88 km/h (55 mph). Palvelutasolla C liikennevirta on edelleen vakaa, ja liikennemäärä on enintään 75 % välityskyvystä eli 1500 hay/h ajokaistaa kohti ihanneolosuhteissa. Käyttönopeus on vähintään 72 km/h (45 mph). Palvelutasolla D lähestytään epävakaa liikennevirtaa. Liikennemäärät voivat olla 90 % välityskyvystä, jolloin ihanneolosuhteissa palvelutaso välityskyky on 1800 hay/h ajokaistaa kohti ja käyttönopeus noin 56 km/h (35 mph). Palvelutaso E vastaa luonnollisesti välityskykyä eli liikennemäärä on ihanneolosuhteissa 2000 hay/h ajokaistaa kohti. Käyttönopeus on noin 48 km/h (30 mph), eli hieman alle puolet häiriytymättömän liikennevirran käyttönopeudesta. Palvelutaso F vastaa "pakotettuja" olosuhteita, jolloin liikenne on ruuhkautunutta. Liikennemäärät vaihtelevat huomattavasti ja käyttönopeudet ovat alle 48 km/h (30 mph). Monikaistaisilla teillä joudutaan palvelutasolta D usein suoraan palvelutasolle F, kun liikennetarve ja liikennemäärä kasvaa, jolloin siis hyvin epävakaa palvelutaso E ei esiinny ollenkaan.

Vaikka aikaisemmin todettiin, ettei tavallisilla teillä huipputuntikerrointa suoranaisesti oteta huomioon, voidaan olettaa, että palvelutasojen C ja D korkeimmat välityskyvyt vastaavat suunnilleen niitä liikennemääriä, jotka voivat esiintyä pitkän ajan (palvelutaso C) tai lyhyen ajan (palvelutaso D) ilman, että liikennevirta häiriytyisi huomattavasti tai että viivästyksiä esiintyisi kohtuuttomasti tai liikennevirran täydellinen ruuhkautuminen olisi todennäköistä.

Taulukossa 10.1 on esitetty edellä käsitellyt palvelutasojen, käyttönopeuksien ja käytösuhteiden väliset riippuvuudet tavallisilla monikaistaisilla teillä (yleensä maaseutuolosuhteissa) sekä ihanteellisissa että epäedullisissa geometrisissa olosuhteissa, minkä lisäksi taulukossa on myös esitetty palvelutasojen välityskyvyt ja kokonaisvälityskyky ihanneolosuhteissa.

LASKELMISSA HUOMIOON OTETTAVIA KRIITTISIÄ SEIKKOJA

Tavallinen monikaistainen maantie, jolla vallitsevat ihanneolosuhteet (3.6 metrin ajokaistat, riittävät pientareet, ei raskaita ajoneuvoja ja hyvä geometria) on pikemminkin poikkeus kuin sääntö. Tavallisesti tyypillisillä teillä on ainakin joitakin rajoittavia tekijöitä, jotka täytyy ottaa huomioon, ennenkuin liikenteenvälityskyky voidaan määrittää. Täten taulukossa 10.1 esitettyjä maksimiarvoja voidaan harvoin käyttää sellaisenaan. Monilla teillä ei palvelutasoon A voida päästä ollenkaan, ja myös palvelutaso B voi jäädä useilla teillä saavuttamatta. Seuraavissa laskentamenetelmissä heikohkosta geometriasta aiheutuvat haittavaikutukset sisältyvät suoraan rajoitetun keskimääräisen tienopeuden arvoihin, mutta useista muista välityskykyä alentavista tekijöistä johtuvat vaikutukset on käsiteltävä esitetyillä korjauskertoimilla erikseen.

Korjauskertoimilla huomioon otettavien tekijöiden lisäksi tavallisilla monikaistaisilla teillä on useita muita tekijöitä, jotka saattavat alentaa teiden mahdollisuuksia pitää yllä tasaista palvelutasoa. Tällaisia tekijöitä ovat mm. alkeelliset sekoittumisalueet, ramppiliittymät, tasoliittymät, tien varteen muodostuneet kaupalliset alueet tai asuntotaajamat ja niiltä saapuvat tonttikadut sekä joukko muita mahdollisia liikenteen katkeamia aiheuttavia tekijöitä.

Tavallisilla monikaistaisilla teillä näiden eri häiriötekijöiden vaikutukset eroavat moottoriteillä ja moottorikaduilla havaituista vaikutuksista pääasiassa laajuuden ja haitta-asteen puolesta. Moottoriteillä esiintyy yleensä vain satunnaisia häiriökohtia, joskin niiden vaikutukset ovat havaittavissa pitkäajalla matkalla, jos liikennemäärä on lähellä häiriökohdan välityskykyä. Tavallisilla monikaistaisilla teillä häiriökohtia esiintyy todennäköisesti useammin. Maaseutualueilla myös näiden häiriöiden vaikutukset saattavat ulottua huomattavan pitkälle häiriökohdasta. Esikaupunkialueilla häiriökohdan vaikutusalue saattaa kuitenkin olla pieni, koska väylälle pääsyn ollessa rajoittamaton lyhytmatkainen paikallisliikenne voi välttää helposti tietyn häiriökohdan ja kuitenkin käyttää tehokkaasti tien muita osia.

Taulukko 10.1 MONIKAISTAISTEN, YKSIAJORATAISTEN JA/TAI LIITTYMÄRAJOITUKSETTOMIEN TEIDEN PALVELUTASOT JA NIIDEN VÄLITYSKYKY KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRRAN OLOSUHTEISSA (VASTAA YLEENSÄ MAASEUDULLA ESIINTYVIÄ OLOSUHTEITA)

PALVELUTASO	LIIKENNEVIRRRAN OLOSUHTEET		KÄYTTÖSUHDE			PALVELUTASON VÄLITYSKYKY IHANNEOLOSUHTEISSA, KUN KESKIMÄÄRÄINEN TIENOPEUS ON 112 KM/H (HAY/H YHTEEN LIIKENNESUUNTAAN)		
	TYYPPI	KÄYTTÖNOPEUS ^a (KM/H)	PALVELUTASON RAJAA VASTAAVA PERUSARVO KESKIMÄÄRÄISELLÄ TIENOPEUDELLA 112 KM/H ^a	KÄYTTÖSUHTEEN "TYÖARVOT", KUN KESKIMÄÄRÄINEN TIENOPEUS ON		NELIKAISTAISET TIET (2 AJOKAISTAA YHTEEN SUUNTAAN)	KUUSIKAISTAISET TIET (3 AJOKAISTAA YHTEEN SUUNTAAN)	KUKIN LISÄKAISTA
				96 km/h	80 km/h			
A	HÄIRIINTYMÄTÖN LIIKENNEVIRTAA	≥ 96	≤ 0.30	_b	_b	1200	1800	600
B	VAKAA LIIKENNEVIRTAA (YLEMPI NOPEUSALUE)	≥ 88	≤ 0.50	≤ 0.20	_b	2000	3000	1000
C	VAKAA LIIKENNEVIRTAA	≥ 72	≤ 0.75	≤ 0.50	≤ 0.25	3000	4500	1500
D	LÄHES EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTAA	≥ 56	≤ 0.90	≤ 0.85	≤ 0.70	3600	5400	1800
E ^e	EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTAA	48	≤ 1.00			4000	6000	2000
F	"PAKOTETTU" LIIKENNEVIRTAA	< 48	EI MERKITYSTÄ			Vaihtelee huomattavasti (nollasta välityskykyyn)		

^aKäyttönopeus ja käyttösuhte ovat toisistaan riippumattomia palvelutasoa mittaavia suureita. Molempien arvojen täytyy vastata haluttua palvelutasoa.

^bTämän palvelutason edellyttämää käyttönopeutta ei saavuteta edes alhaisilla liikennemäärillä.

^cVälityskyky.

^dLikimääräinen arvo.

^eKäyttösuhte saattaa olla huomattavasti yli 1.00, mikä osoittaa ylikuormituksen vallitsevan.

Koska tavallisilla monikaistaisilla teillä siis saattaa esiintyä varsin useita pienehköjä häiriökohtia, mutta huomattavat häiriöpisteet ovat verraten harvassa, saattaa yleisen, kaikki häiriökohdat sisältävän palvelutason määrittelyminen osoittautua joissakin tapauksissa epäkäytännölliseksi. Tällaisessa tapauksessa saattaa olla hyödyllisempää selvittää pienehköjen häiriökohtien säätelyä yleinen palvelutaso, ja tutkia erikseen huomattavien häiriöpisteiden todelliset vaikutukset paikallisten olosuhteiden perusteella.

Ajokaistojen leveys ja sivuesteet

Kuten luvussa 5 esitettiin, monilla etenkin vanhemmilla monikaistaisilla teillä ajokaistat ovat kapeampia kuin ihanteellinen 3.6 m (12 ft), ja si-

vuesteiden etäisyys ajoradan reunaan on pienempi kuin ihanteellinen 1.8 m (6 ft). Lisäksi tällaiset tiet ovat useimmissa tapauksissa yksiajorataisia, jolloin keskimmaisilla ajokaistoilla kumpaankin suuntaan liikkuvat ajoneuvot häiritsevät vastakkaisuuntaista liikennettä. Taulukossa 10.2 on esitetty korjauskertoimet, joilla em. tekijöiden vaikutukset otetaan huomioon yksiajorataisilla monikaistaisilla teillä (useampiajorataisilla teillä tulisi käyttää taulukkoa 9.2).

Käsiteltävän tyyppisillä teillä huomattavat sivuesteet ovat yleensä kriittisempiä ja vaikutukseltaan äkillisempiä kuin moottoriteillä olevat sivuesteet. Huomattakoon kuitenkin, että jos tiellä on pitkä jatkuva sivueste, tulisi luvun 9 vastavassa kohdassa esitetyt huomautukset ottaa huo-

Taulukko 10.2 AJOKAISTOJEN LEVEYDEN JA SIVUESTEIDEN YHTEISVAIKUTUS YKSIAJORATAISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN LIIKENTEENVÄLITYSKYKYYN JA PALVELUTASOJEN VÄLITYSKYKYYN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRRAN OLOSUHTEISSA

SIVUESTEEN ETÄISYYS AJOKAISTAN REUNASTA (m)	AJOKAISTOJEN LEVEYDESTÄ JA SIVUASTEISTA JOHTUVA KORJAUSKERROIN ^a W							
	SIVUESTEITÄ VAIN AJORADAN OIKEALLA PUOLELLA (VASTAANTULEVAA LIIKENNETTÄ SAA OLLA VASEMMALLA PUOLELLA)				SIVUESTEITÄ YKSISUUNTAISEN AJORADAN MOLEMMILLA PUOLILLA ^{b,c}			
	AJO- KAISTAT 3.6 m	AJO- KAISTAT 3.3 m	AJO- KAISTAT 3.0 m	AJO- KAISTAT 2.7 m	AJO- KAISTAT 3.6 m	AJO- KAISTAT 3.3 m	AJO- KAISTAT 3.0 m	AJO- KAISTAT 2.7 m
(a) NELIKAISTAINEN YKSIAJORATAINEN TIE, YHDEN LIIKENNESUUNNAN KERTOIMET								
1.8	1.00	0.95	0.89	0.77	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1.2	0.98	0.94	0.88	0.76	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
0.6	0.95	0.92	0.86	0.75	0.94	0.91	0.86	N.A.
0	0.88	0.85	0.80	0.70	0.81	0.79	0.74	0.66
(b) KUUSIKAISTAINEN YKSIAJORATAINEN TIE, YHDEN LIIKENNESUUNNAN KERTOIMET								
1.8	1.00	0.95	0.89	0.77	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
1.2	0.99	0.94	0.88	0.76	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
0.6	0.97	0.93	0.86	0.75	0.96	0.92	0.85	N.A.
0	0.94	0.90	0.83	0.72	0.91	0.87	0.81	0.70
(c) KAKSIAJORATAISET TIET, YHDEN LIIKENNESUUNNAN KERTOIMET								
KÄYTETÄÄN TAULUKOSSA 9.2 ESITETTYJÄ KERTOIMIA								

^aVälityskykyä ja eri palvelutasoja vastaa samat korjauskertoimet.

^bVoidaan käyttää vain silloin, kun tavallisesti yksiajoratainainen tie jakautuu kahdeksi ajoradaksi keskellä olevan kaiteen, siltarakenteiden, tai muiden vastaavien sivuesteiden takia. Sivuesteiden olta-va lähempänä kuin vastaantuleva liikenne tavallisesti.

^cN.A.=Ei voida soveltaa, käytetään vain oikealla puolella olevia sivuesteitä vastaavia kertoimia. (Tällaisissa tapauksissa sivueste on kauempana kuin vastaantuleva liikenne tavallisesti, mutta tätä hetkellistä olosuhteiden parantamista ei voida ottaa huomioon.)

mioon. Samoin on muistettava, että taulukon 10.2 kohdassa "vain oikealla puolella olevat sivuesteet" esitetyt korjauskertoimet jo sisältävät vastakkaisuuntaisesta liikenteestä johtuvat vaikutukset, eikä muita korjauksia tarvitse suorittaa. Tämän vuoksi tulisi kohdassa "sivuesteet molemmin puolin esitettyjä korjauskertoimia käyttää vain tapauksissa, joissa ajoradan keskellä on rakenteellinen sivueste lähempänä kuin vastakkaisuuntaainen liikennevirta tavallisesti liikennöisi. Tällaisista sivuesteistä mainittakoon esim. ajoradan keskellä olevat kaiteet, siltojen rakenteet, tien keskikokkeet ja vastaavat esteet.

Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet

Kuorma-autojen, linja-autojen ja pituuskaltevuuksien toisistaan riippuvia vaikutuksia palvelutasojen välityskykyihin ja kokonaisvälityskykyyn eri teillä on käsitelty luvussa 5. Näistä vaikutuksista monikaistaisia teitä koskevia vähäisiä tietoja on sovellettu yksityiskohtaisesti tarkasteltaessa moottoriteitä ja moottorikatuja luvussa 9. Vaikka käytännössä nämä vaikutukset todennäköisesti poikkeavat jonkin verran toisistaan moottoriteillä ja tavallisilla monikaistaisilla teillä, ei vielä ole käytettävissä tutkimustuloksia, joiden perusteella nämä erot voitaisiin määrittää. Sen vuoksi luvussa 9 esitettyjä perusteita ja korjauskertoimia voidaan soveltaa yhtä hyvin myös tavallisilla monikaistaisilla teillä lukuunottamatta erityistapauksia, joissa pituuskaltevalla tien osalla on liikenteen katkeaman aiheuttava kohta.

Laskelmien helpottamiseksi on tässä yhteydessä esitetty taulukot 10.3 - 10.6. Ne sisältävät vastaavat kuorma- ja linja-autoista johtuvat korjauskertoimet tavallisille monikaistaisille teille kuin mitä taulukoissa 9.3 - 9.6 esitettiin moottoriteille.

Sekoittumisalueet

Luvussa 7 on käsitelty tärkeimpiä sekoittumismuotoja, jotka esiintyvät yleisimmin moottoriteillä, ja luku 8 koskee "toispuolista" sekoittumista. Useissa tapauksissa sekoittumisalueita on kuitenkin käytetty myös sellaisilla teillä, joilla ei ole liittymärajoitusta, ja joissakin tapauksissa sekoittumista esiintyy kohdissa, joita ei ole suunniteltu sekoittumisalueiksi. Tällaisia tapauksia esiintyy mm. silloin, kun tietyltä poikittaiskadulta saapuva liikenne liittyy liikennevirtaan toiselta puolelta ja poistuu siitä toisella puolella olevalle poikittaiskadulle verran lyhyen matkan päässä. Sekoittumista esiintyy myös esimerkiksi pienin elementein suunnitelluis-

sa kiertoliittymissä. Lisäksi tavallisilla teillä voi olla täydellisiä sekoittumisalueita, jolloin sekoittumisalue toimii suurelta osin samoin kuin liittymärajoituksella varustettu tie, koska tavallisesti tällaisessa kohdassa on hyvin vähän liikenteeseen kohdistuvaa sivuvastusta. Tällaisen sekoittumisalueen välityskyky voidaan määrittää samalla tavoin kuin jos tiellä todella olisi liittymärajoitus eli siis luvussa 7 esitettyjen perusmenetelmien ja niiden luvussa 9 esitettyjen sovellutusten mukaan. Muissa tapauksissa erilaisista vastusta aiheuttavista tekijöistä johtuvat vaikutukset on kuitenkin otettava huomioon.

Jos sekoittumisalueelle tai sille saapuville tu-lohaaroille on asennettu liikennevaloja esimerkiksi alueen välityskyvyn riittämättömyydestä johtuen, nämä liikennevaloin varustetut liittymät määräävät yleensä välityskyvyn. Ne käsitellään luvussa 6 esitetyillä menetelmillä. Vaikeimmissa tapauksissa ei toimintaa voida ohjata edes liikennevaloilla, jolloin sekoittumisalueen hyvin alhainen välityskyky määräytyy alueen ominaisuuksien perusteella. Tällaisessa tapauksessa välityskykyä ei voida laskea tässä käsikirjassa esitetyillä menetelmillä, vaan se on määritettävä paikallisilla tutkimuksilla.

Ramppiliittymät

Ramppien liikenteenvälityskyvyn määrittämismenetelmiä on käsitelty luvussa 8, mutta esitetyt menetelmät soveltuvat pääasiassa korkealuokkaisiin ramppiliittymiin, jotka yhdistävät rampin liittymisrajoituksella varustettuun moottoritiehen. Joissakin tapauksissa rampin molemmat päätepisteet saattavat liittyä moottoritiehen, mutta useimmissa tapauksissa vain toinen pää liittyy moottoritiehen ja toinen tiehen, jolla liittymärajoitus on joko osittainen tai se puuttuu kokonaan. Tällaiset alempiluokkaiset liittymät on tutkittava eri tavoin ottamalla huomioon asianmukaisen alempiluokkaisen tien toimintaominaisuudet.

Neliapilatyypiset ja suoraramppiset liittymät

Otsikossa mainituissa liittymätyypeissä on rampin molemmat päätepisteet yleensä tutkittava samalla tavoin kuin moottoritien ja rampin välinen liittymä huolimatta siitä, että toinen tie saattaa olla moottoritie ja toinen liittymärajoitukseton tie. Tämä johtuu siitä, että liittymän kohdalla liittymärajoituksetonkin tie toimii pääpiirteissään samalla tavalla kuin moottoritie. Luvuissa 7 ja 8 esitettyjä neliapilatyypisiä liittymiä koskevia erkanevan ja liittyvän liikenteen käsitelymenetelmiä voidaan siis soveltaa tällaisessa tapauksessa. Jos liittymä on lähellä liikenneva-

Taulukko 10.3a KUORMA- JA LINJA-AUTOJEN YLEISET, KESKIMÄÄRÄISET HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT TAVALLISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN PITKÄHKÜILLÄ JAKSOILLA (TIEJAKSOON SISÄLTYY NOUSUJA, LASKUJA JA TASAISIA TIEOSIA)

PALVELUTASO		HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI E		
		TASAINEN MAASTO	MÄKINEN MAASTO	VUORISTOINEN MAASTO
A		Vaihtelee huomattavasti; yhdellä tai useammalla kuorma-autolla on samanlainen vaikutus, kun muu liikenne vaihtaa ajokaistaa. Tehtävien ratkaisuihin käytetään muille palvelutasoille osoitettuja ekvivalentteja.		
B - E	E _T kuorma-autoille	2	4	8
	E _B linja-autoille ^a	1.6	3	5

^aErillinen käsittely on tarpeen vain, jos linja-autojen määrät ovat huomattavan korkeita.

Taulukko 10.3b KUORMA-AUTOISTA JOHTUVAT YLEISET, KESKIMÄÄRÄISET KORJAUSKERTOIMET^b TAVALLISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN PITKÄHKÜILLÄ JAKSOILLA

KUORMA-AUTOJEN OSUUS P _T (%)	KORJAUSKERROIN T KAIKILLA PALVELUTASOILLA		
	TASAINEN MAASTO	MÄKINEN MAASTO	VUORISTOINEN MAASTO
1	0.99	0.97	0.93
2	0.98	0.94	0.88
3	0.97	0.92	0.83
4	0.96	0.89	0.78
5	0.95	0.87	0.74
6	0.94	0.85	0.70
7	0.93	0.83	0.67
8	0.93	0.81	0.64
9	0.92	0.79	0.61
10	0.91	0.77	0.59
12	0.89	0.74	0.54
14	0.88	0.70	0.51
16	0.86	0.68	0.47
18	0.85	0.65	0.44
20	0.83	0.63	0.42

^bEi voida käyttää tarkasteltaessa linja-autoja erikseen. Tällaisessa tapauksessa käytetään taulukkoa 10.3a yhdessä taulukon 10.6 kanssa.

Taulukko 10.4 KUORMA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT TAVALLISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA

NOUSU (%)	NOUSUN PITUUS (km)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI E_T									
		PALVELUTASOT A - C					PALVELUTASOT D JA E (VÄLITYSKYKY)				
		3 % KUORMA-AUTOJA	5 % KUORMA-AUTOJA	10 % KUORMA-AUTOJA	15 % KUORMA-AUTOJA	20 % KUORMA-AUTOJA	3 % KUORMA-AUTOJA	5 % KUORMA-AUTOJA	10 % KUORMA-AUTOJA	15 % KUORMA-AUTOJA	20 % KUORMA-AUTOJA
0-1	Kaikki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0.4-0.8	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	1.2-1.6	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	2.4-3.2	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6
	4.8-6.4	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
3	0.4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0.8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
	1.2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1.6	10	8	6	5	6	10	8	6	5	6
	2.4	10	9	7	7	7	10	9	7	7	7
	3.2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4.8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	6.4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11
4	0.4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0.8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1.2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1.6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	8
	2.4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3.2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
	4.8	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
	6.4	12	13	15	15	14	13	14	16	16	15
5	0.4	13	10	6	4	3	14	10	6	4	3
	0.8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7
	1.2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1.6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2.4	13	13	12	12	12	14	14	13	13	13
	3.2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4.8	13	15	16	16	15	14	17	17	17	17
	6.4	15	17	19	19	17	16	19	22	21	19
6	0.4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0.8	14	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1.2	14	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1.6	14	13	12	12	11	15	14	13	13	11
	2.4	14	14	14	14	13	15	16	15	15	14
	3.2	14	15	16	16	15	15	18	18	18	16
	4.8	14	16	18	18	17	15	20	20	20	19
	6.4	19	19	20	20	20	20	23	23	23	23

Taulukko 10.5 PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT TAVALLISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA

NOUSU ^a (%)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI ^b E_B	
	PALVELUTASOT A - C	PALVELUTASOT D JA E (VÄLITYSKYKY)
0-4	1.6	1.6
5 ^c	4	2
6 ^c	7	4
7 ^c	12	10

^aPituudesta riippumatta.
^bLinja-autojen osuudesta riippumatta.
^cVoidaan tavallisesti käyttää vain yli 800 m pitkillä pituuskaltevilla osilla.

Taulukko 10.6 KUORMA-AUTOISTA JA LINJA-AUTOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET^a TAVALLISTEN MONIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI NOUSUISSA (KERTOIMISSA OTETTU HUOMIOON SEKÄ HENKILÖ-AUTOEKVIVALENTTI ETTÄ KUORMA- TAI LINJA-AUTOJEN OSUUS)^b

HENKILÖAUTO- EKVIVALENTTI E_T TAI E_B^c	KUORMA-AUTOISTA JOHTUVA KORJAUSKERROIN T_C TAI T_L (LINJA-AUTOILLA B_C TAI B_L) ^d														
	KUORMA-AUTOJEN OSUUS PROSENTEISSA P_T (LINJA-AUTOILLA P_B)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
2	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83
3	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71
4	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63
5	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56
6	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50
7	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45
8	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42
9	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38
10	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36
11	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33
12	0.90	0.82	0.75	0.69	0.65	0.60	0.57	0.53	0.50	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31
13	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29
14	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
15	0.88	0.78	0.70	0.64	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26
16	0.87	0.77	0.69	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25
17	0.86	0.76	0.68	0.61	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24
18	0.85	0.75	0.66	0.60	0.54	0.49	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23
19	0.85	0.74	0.65	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22
20	0.84	0.72	0.64	0.57	0.51	0.47	0.42	0.40	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
21	0.83	0.71	0.63	0.56	0.50	0.45	0.41	0.38	0.36	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
22	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
23	0.82	0.69	0.60	0.53	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19
24	0.81	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18
25	0.80	0.67	0.58	0.51	0.46	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17

^aLaskettu luvussa 5 esitetyillä kaavoilla $100/(100 - P_T + E_T P_T)$ tai $100/(100 - P_B + E_B P_B)$. Prosentti-osuuksien ollessa taulukossa esitettyjä suurempia käytetään tätä kaavaa.

^bKäytetään muutettaessa henkilöautoyksikköinä ilmoitettuja liikennemääriä sekaliikenteeksi. Kertoimien käänteisarvoilla muutetaan sekaliikennemäärät henkilöautoyksiköiksi.

^cSaadaan taulukosta 10.4 tai 10.5.

^dKuorma- ja linja-autoja ei voida käsitellä yhdessä tätä taulukkoa käyttäen, jos linja-autojen erillis-tarkastelu on tarpeen, koska niiden henkilöautoekvivalentit ovat erilaiset.

loin varustettua tasoliittymää, saattavat ramppi-liittymän kautta kulkevat ajoneuvot saapua liittymään huomattavasti selvempinä ajoneuvoryhminä kuin moottoritiellä, jolloin rampin toiminnassa saattaa esiintyä jonkin verran enemmän vuorottaista jonojen muodostumista ja purkautumista kuin tavanomaisissa moottoritien ja rampin välisissä liittymissä.

Rombiset liittymät ja rinnakkaisteille johtavat rampit

Jos liittymä on rombista tyyppiä, rampin ja paikallistieverkon välinen liittymä saattaa olla rampin kokonaisvälityskyvyn määräävä tekijä. Tällainen liittymä käsitellään tavallisesti tasoliitty-

mänä luvussa 6 esitettyjen menetelmien mukaisesti. Näin käsitellään myös rinnakkaisteille johtavat tai niiltä saapuvat rampit.

Geometriset olosuhteet

Tavallisilla monikaistaisilla teillä saattaa usein esiintyä heikkoja geometrisia elementtejä, jotka alentavat keskimääräistä tienopeutta. Samoin kuin moottoriteitä käsiteltäessä todettiin, on geometrysten olosuhteiden vaikutuksista tien käyttönoputeen ja välitettyihin liikennemääriin käytettävissä vain likimääräisiä tietoja ja ne sisältyvät suoraan laskelmien perusarvoihin.

Liikenteen katkeamat ja häiriökohdat

Moottoriteitä lukuunottamatta esiintyy kaikkien teiden liikenteessä määritelmän mukaan potentiaalisia katkeamakohtia, joiden määrä ja laatu kuitenkin vaihtelevat huomattavasti. Liikenteen kiinteät katkeamakohtat luonnollisesti alentavat sekä käyttönopeutta että liikenteenvälityskykyä. Tällaisia kiinteitä katkeamakohtia ovat mm. liikennevaloilla tai pakollista pysähtymistä osoittavalla liikennemerkillä varustetut liittymät, rautateiden tasoristeykset ja niin edelleen. Pakollista pysähtymistä osoittavan liikennemerkin takia joutuvat kaikki ajoneuvot pysähtymään jopa häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa, minkä lisäksi muut syyt pysäyttävät suuren osan ajoneuvoista. Nämä pysähdykset tai nopeuden alenemiset muuttavat ajo-olosuhteita huomattavasti, jos niitä esiintyy huomattavassa määrin. Erilaiset muut tekijät tien varrella, kuten esimerkiksi nauhamaiset taa-jamat, saattavat aiheuttaa monia lisähäiriöitä.

Kullakin kiinteällä liikenteen katkeamakohdalla on tietty liikenteenvälityskyky. Liikennevaloin varustettujen tasoliittymien välityskyvyt voidaan laskea tavanomaisin luvussa 6 esitetyin menetelmin. Jos tasoliittymät liittymärajoituksettomalla tiellä kuitenkin esiintyvät verraten harvoin, on niiden välityskykyä alentava vaikutus yleensä suhteellisen pieni (huomattavasti pienempi kuin tavallisilla kaupunkialueiden pääkaduilla), koska tällaisten kohtien välityskyky on lähes aina suurempi kuin yleensä käytännössä pääliikennesuunnassa käytettävän palvelutason välityskyky. Tämä johtuu pääasiassa kahdesta syystä: Palvelutason välityskyky on huomattavasti alhaisempi kuin tien pääliikennesuunnan kokonaisvälityskyky, jotta saavutettava palvelutaso olisi maaseutuolosuhteissa hyväksyttävä ja toisaalta liikennevaloin varustetussa liittymässä poikittaistielle on usein osoitettu hyvin pieni osuus vihreästä ajasta, jolloin tämä vaihe häiritsee vain vähäistä osaa päätien ajoneuvoista.

Ellei täydellistä liittymärajoitusta ole, muodostuu tien varteen aina joitakin taa-jamanoimaisia alueita. Useat tiet, joilla on osittainen, eikä siis täydellinen liittymärajoitus luokitellaan pikateiksi tai moottorikaduiksi. Näillä useimmiten viime vuosina rakennetuilla teillä sallitaan joitakin tasoliittymiä kohdissa, joissa liikennemäärä on alhainen, mutta vain harvoissa tapauksissa on liittyminen tien varressa sijaitsevilta liike- tai muilta alueilta sallittu. Tällaiset tiet käsitellään yleensä luvussa 9 esitetyillä menetelmillä.

Jos tien varressa sijaitsee merkittävässä määrin taa-jamaluonteisia alueita, joilta on suora yhteys tielle, on tilanne toinen. On yleisesti tunnettua, että jos tien varrella sijaitsee useita häiriökohtia, ne alentavat tien liikenteenvälityskykyä. Tien palvelutaso alenee myös varmasti. Eräässä verraten uudessa tutkimuksessa (1), joka käsiteli tien varrella sijaitsevista liikealueista johtuvia viivästyksiä ja ruuhkautumia, todettiin, että tällaisella alueella sijaitsevan tiejakson sekä keskimääräinen nopeus että käyttönopeus voidaan ennustaa tien liikennemäärän perusteella. Vielä ei kuitenkaan ole koottu riittävästi tietoja, joilla voitaisiin määrittää liittymärajoituksen puuttumisesta johtuva mahdollinen välityskyvyn aleneminen. Tällaisilla teillä on usein verraten alhainen nopeusrajoitus turvallisuussyistä. Jos tällainen nopeusrajoitus on alhaisempi kuin nopeus, jota ajajat muuten haluaisivat käyttää, voi tie välittää suuremman liikennemäärän, joskin alhaisemmalla palvelutasolla, kuin tiellä ilman nopeusrajoitusta voisi esiintyä. Koska välityskyky saavutetaan rajoitetuissa ajo-olosuhteissa noin 48 km/h:n (30 mph) nopeudella, saattaa olla, että vähäiset tien varteen muodostuneet taa-jamalueet vaikuttavat vain vähän liikenteenvälityskykyyn ja pääasiassa ne alentavat liikenneturvallisuutta. Jos tällainen taa-jama-alue on kuitenkin jatkuva, tien ajo-olosuhteet saattavat olla hyvin samanlaisia kuin kaupunkien kaduilla. Tällaisten tienvarsihäiriöiden vaikutus käytettävien laskentamenetelmien valintaan riippuu pääasiassa häiriöiden toistuvuudesta sekä niiden vaikutuksesta nopeuksiin.

Jos tavallisella monikaistaisella tiellä on vain harvoja liikenteen katkeamakohtia (yli 1.6 km:n (1 mi.) välimatkoin) eikä muita häiriökohtia yleensä esiinny, vaikuttavat tällaiset katkeamakohtat kyseisen tiejakson käyttönopeuksiin ja palvelutasojen välityskykyihin pääasiassa heikentämällä olosuhteita lähellä ko. häiriökohtia. Kiinteiden katkeamakohtien välisillä tieosilla ajo-olosuhteet ovat yleensä lähes samanlaisia kuin kat-

keamattomassa liikennevirrassa. Koko tiejaksolle tällaisista häiriökohdista aiheutuvat tärkeimmät seuraukset ovat:

- 1) käyttönopeudet kaikilla liikennemäärillä ovat jonkin verran alhaisempia kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, koska liikenne joutuu joko hidastamaan nopeutta tai pysähtymään, sekä
- 2) katkeamien aiheuttamista häiriöistä johtuen suurempi osa ajoneuvoista liikennöi ajoneuvoryhmissä tällaisissa olosuhteissa kuin katkeamattomassa liikennevirrassa. Tällaisten ajoneuvoryhmien toistuvuus ja suuruus saattavat olla joko säännöllisiä tai epäsäännöllisiä katkeamakohdan luonteesta riippuen. Kriittisimmän kohdan (tavallisesti liikenteen katkeaman) välityskyky määrittellee korkeimman mahdollisen liikennemäärän, vaikka yksittäisen katkeamakohdan vaikutusalue saattaa olla suhteellisen lyhyt.

Liikennemäärän on todettu vaikuttavan tällaisiin osittain katkaistun liikennevirran ajo-olosuhteisiin suhteellisesti samalla tavalla kuin katkeamattomaan liikennevirtaan. Vaikka kunkin tien nopeuden ja liikennemäärän välinen riippuvuussuhde on yksilöllinen ja poikkeaa tyypillisestä täysin katkeamatonta liikennevirtaa vastaavasta arvosta, käytetään palvelutasoja luokiteltaessa samoja arvoja kuin katkeamattomalle liikennevirralle, eli taulukkoa 10.1 voidaan edelleen käyttää. Käyttönopeus ja palvelutasojen välityskyvyt on jälleen ilmaistava yleisistä maksimi-arvoista laskettuina suhteina. Nopeuksien maksimi-arvona käytetään häiriytymättömän liikennevirran käyttönopeutta. Palvelutasojen välityskykyjen maksimi-arvo on kokonaisvälityskyky.

Jos käytännön suunnittelutehtävissä tai toimivuustarkasteluissa kiinteiden katkeamakohtien (pääasiassa liikennevaloin varustettujen liittymien) keskimääräinen välimatka on yli 1.6 km (1 mi.) ja/tai jos nopeusrajoitukset ovat vähintään 64 km/h (40 mph) katkeamakohtien välillä (ja tämä nopeus on saavutettavissa, mikä osoittaa että tienvarren taajamien vaikutus on vähäinen), näyttäisi yleensä siltä, että katkeamattoman liikennevirran laskentamenetelmiä voidaan käyttää sellaisenaan tutkitta katkeamakohtia yksityiskohtaisesti. Tällaisella tiejaksolla katkeamakohdan todellinen välityskyky luonnollisesti alenee liikenteen katkeamajan ja kokonaisajan suhteessa. Esimerkiksi tapauksessa, jossa pitkällä tieosalla on vain yksi liikennevaloin varustettu liittymä, tämän kohdan välityskyky vähenee punaisen valovaiheen ja liikennevalojakson suhteen osoittamalla määrällä. Tällaiset häiriöt ovat kuitenkin yleensä paikallisia, koska lisäksi liikennettä saapuu ja poistuu muiden lähellä sijaitsevien liikennevalottomien liittymien kautta, eivätkä ne yleensä rajoita merkittävästi tiejakson toimintaa kokonaisuudessaan. Suunnittelussa tavallisimmin käytetyillä palvelutasoil-

la tällaisten häiriöiden vaikutukset nopeuksiin ovat suhteellisen pieniä, välitetty liikennemäärä ei juuri muutu eikä yleensä monellekaan ajoneuvolle aiheudu huomattavia viivästyksiä. Toisessa ääritapauksessa saattaa maantien ja rautatien taseoristeys aiheuttaa huomattavia häiriöitä koko liikenteelle useiden minuuttien ajan, ja tällaisen ajanjakson aikana risteykseen saapuvat ajoneuvot viivästyvät huomattavasti, mutta tarkasteltaessa laskentamenetelmien perustana olevaa tunnin ajanjaksoa taseoristeyksen kokonaisvaikutus saattaa olla hyvin vähäinen.

Jos jollakin tiejaksolla on kuitenkin ilmeisen selviä ja usein toistuvia ajonopeutta hidastavia kohtia, on tällaisen kohdan välityskyky otettava erityisesti huomioon ja määritettävä läheisten tieosien välityskyvyt sen perusteella. Jos tutkittava tie risteää esimerkiksi sitä huomattavamman tien kanssa ja sen vihreä aika on alle puolet liikennevalojakson kokonaisajasta, saattaa tien toimivuus alentua merkittävästi. Samoin jos rautatien taseoristeyksessä junat liikennöivät säännöllisesti samanaikaisesti tien huippuliikennemäärien kanssa, saattaa tämän lyhyen ajanjakson vaikutus tien palvelutasoon kasvaa huomattavasti ja edellyttää erityistarkastelua.

Jos liikenteen kiinteitä katkeamakohtia esiintyy usein (enemmän kuin yksi 1.6 km:ä (1 mi.) kohti) tai jos nopeusrajoitukset ovat enintään 56 km/h (35 mph), mikä osoittaa tien varren taajamien häiritsevän liikennettä huomattavasti, liikennevirran ominaisuudet muuttuvat niin paljon, ettei katkeamattoman liikennevirran laskentaperusteita voida soveltaa edes muunnetussa muodossa. Useiden liikennevalojen ja muiden liikennevaloin varustetuilla teillä yleensä esiintyvien katkeamakohtien aiheuttama tien toimivuuden aleneminen muuttaa nopeuden ja liikennemäärän välisen suhteen täysin erilaiseksi ja huomattavasti edellistä epäyhtenäisemmäksi. Tällaiset tiet tulee tutkia samalla tavoin kuin kaupunkialueiden pääkadut, joita käsitellään myöhemmin tässä luvussa. Useat esikaupunkialueiden tiet, joiden varrelle on kehittynyt taajamanomaista toimintaa, käsitellään myös yleensä pääkatujen tavoin.

LIITTYMÄRAJOITUKSETTOMIA MONIKAISTAISIA TEITÄ KOSKEVAT LASKENTAMENETELMÄT

Luvussa 4 ensimmäisen kerran esitettyjä yleisiä laskentamenetelmiä, joita luvussa 9 sovellettiin moottoriteihin, voidaan soveltaa tavallisiin teihin yhtä hyvin. Tässäkin tapauksessa menettely jakautuu kahteen osaan, jolloin ensiksi määritetään yksittäisen, ominaisuuksiltaan verraten muuttumattoman tieosan välityskyky, palvelutasojen välityskyvyt ja palvelutaso, ja toiseksi useista tällaisista tieosista muodostuneiden tiejaksojen yleinen palvelutaso.

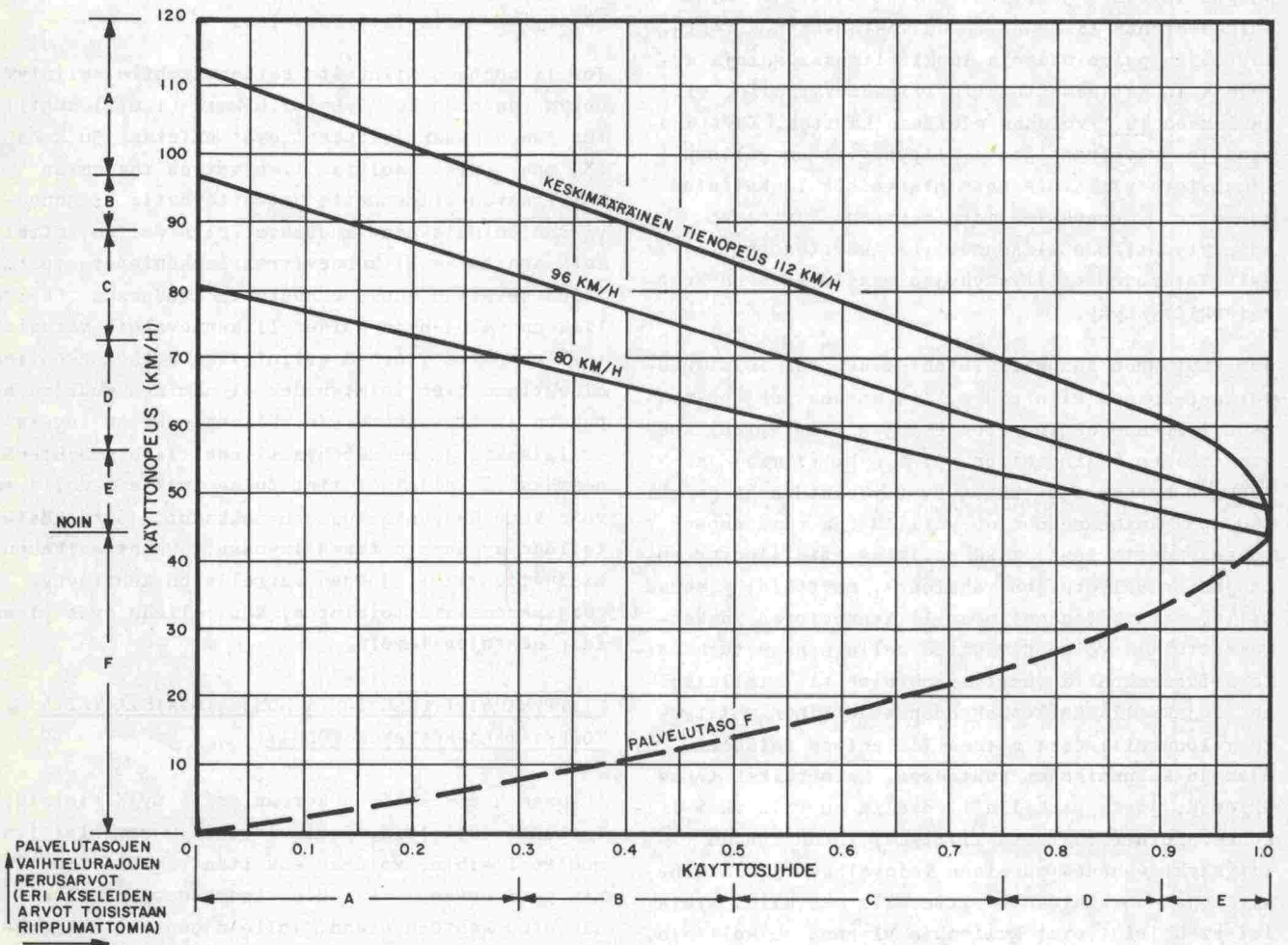
Ominaisuuksiltaan muuttumattomat monikaistaiset tieosat

Samoin kuin luvussa 9 moottoriteiden yhteydessä esitettiin, määritetään myös tavallisten teiden katkeamattoman liikennevirran olosuhteiden palvelutasot pääasiassa käyttönopeuden sekä liikennemäärän ja välityskyvyn suhteen (käyttösuhteen) perusteella. Taulukossa 10.1 on esitetty näiden suureiden arvot eri palvelutasojen rajoilla. Nämä arvot muodostavat useimpien laskelmien perustan.

Nämä perusriippuvuudet on esitetty graafisesti kuvassa 10.1. Kuva on samankaltainen kuin aikaisemmin kuvassa 3.39 esitetty esimerkki käyttönopeuden ja liikennemäärän välisestä riippuvuudesta, paitsi että tässä kuvassa vaaka-akseli osoittaa liikennemäärän ja välityskyvyn suhteen absoluuttisen liikennemäärän sijasta. Tämän vuoksi kuvaa voidaan käyttää kaikilla teillä, joiden välityskyvyn määrittäminen yleensä on mahdollista, eikä siis vain ihanneolosuhteita vastaavilla teillä. Kuvaa voi-

daan käyttää interpolointia edellyttävissä tehtävissä sekä tarkasteltaessa tien toimivuutta silmämääräisesti tai tarkistettaessa laskettuja tuloksia. Kuvassa on esitetty käyttönopeuden ja käyttösuhteen eri palvelutasojen rajoja vastaavat arvot.

Tavallisten monikaistaisten teiden välityskyky, palvelutasojen välityskyvyt sekä eri palvelutasot määritetään lähes samalla tavalla kuin moottoriteiden vastaavat suureet, ja erot ovatkin pääasiassa käytettyjen suureiden perusarvoissa eikä niinkään käytettävissä menetelmissä. Moottoriteihin verrattuna menetelmä on jonkin verran yksinkertaisempi, koska eri ajokaistojen liikennemäärien katsotaan olevan yhtä suurina ajokaistojen lukumäärästä riippumatta. Koska tällaisten teiden suunnitteluelementit ovat kuitenkin alempiluokkaisia kuin moottoriteillä käytetyt elementit, on todennäköistä, että korjauskertomia joudutaan käyttämään enemmän. Laskelmien perustana käytetään taulukkoa 10.1 tai kuvaa 10.1. Laskentamenetelmät ovat seuraavat:



Kuva 10.1

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus monikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden yhdellä liikennesuunnalla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa.

Välityskyky (yhteensä yhteen liikennesuuntaan)
vallitsevissa olosuhteissa

Välityskyky vallitsevissa olosuhteissa määritetään normaalilla, katkeamattoman liikennevirran olosuhteita koskevalla menetelmällä. Toisin sanoen ajokaistojen lukumäärällä ja sovellettavilla korjauskertoimilla kerrotaan 2000 hay/h ajokaistaa kohti. Kuorma-autoista johtuvan korjauskertoimen tulee vastata välityskykyä. Pitkämatkaiset linja-autot käsitellään erikseen, jos liikennemäärät ovat korkeita tai pituuskaltevuudet jyrkkiä

$$c = 2000 N W T_c$$

jossa

c = välityskyky (sekaliikennemääränä tunnissa yhteen liikennesuuntaan),

N = ajokaistojen lukumäärä (yhteen liikennesuuntaan),

W = ajokaistojen leveydestä ja sivusteista johtuva korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.2 (pientareiden leveydestä johtuva korjauskerroin saattaa olla tarpeen, vrt. luku 5), ja

T_c = kuorma-autoista johtuva, välityskykyä vastaava korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.3 pitkäköille tiejaksoille ja taulukosta 10.6 yksittäisille pituuskaltevuuksille (pitkämatkaisista linja-autoista johtuvaa kerrointa B_c voidaan käyttää erikseen, vertaa tekstiin).

Palvelutasojen välityskyvyt (yhteensä yhteen liikennesuuntaan)

Kuten aikaisemminkin, voidaan tietyn palvelutason välityskyky määrittää useilla eri menetelmillä, ja valittava menetelmä riippuu saatavilla olevista tiedoista. Kussakin tapauksessa on kuitenkin aina varmistuttava siitä, että sekä tuloksena saatu liikennemäärä että käyttönopeus vastaavat valitun palvelutason edellytyksiä, kun lisäksi vallitseva keskimääräinen tienopeus otetaan huomioon.

Ihanneolosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. - Käytetään samaa menettelyä kuin määritettäessä välityskykyä vallitsevissa olosuhteissa lukuunottamatta kahta poikkeusta:

- 1) Käytetään ko. palvelutasoa vastaavia korjauskertoimia, mikäli ne poikkeavat välityskykyä vastaavista korjauskertoimista ja
- 2) sovelletaan haluttua palvelutasoa vastaavaa käyttösuhdetta. (Jos tien geometria ei ole ihanteellinen, voidaan käyttää taulukossa 10.1 esitettyjä käyttösuhteen "työarvoja" tai asianmukaisia kuvassa 10.1 esitettyjä keskimääräisen tienopeuden arvoja, jolloin laskelmien tulokset vastaavat käyttönopeuden mahdollisia rajoituksia.)

$$SV = 2000 N (v/c) W T_L$$

jossa

SV = palvelutason välityskyky (sekaliikennemääränä tunnissa yhteen liikennesuuntaan),

N = ajokaistojen lukumäärä (yhteen liikennesuuntaan),

v/c = käyttösuhte, joka saadaan taulukosta 10.1 (tai kuvasta 10.1),

W = ajokaistojen leveydestä ja sivusteista johtuva korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.2 (pientareiden leveydestä johtuva korjauskerroin saattaa olla tarpeen, vrt. luku 5), ja

T_L = kuorma-autoista johtuva, haluttua palvelutasoa vastaava korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.3b pitkäköille tiejaksoille ja taulukosta 10.6 yksittäisille pituuskaltevuuksille (pitkämatkaisista linja-autoista johtuvaa korjauskerrointa B_L voidaan käyttää erikseen, vertaa tekstiin).

Tarkistetaan tulos vertaamalla kuvaa 10.1 käyttämällä saatavaa käyttönopeutta tunnettuun keskimääräiseen tienopeuteen, jolloin varmistutaan siitä, että halutun palvelutason edellytykset toteutuvat.

Ihaneolosuhteissa määritetyn palvelutason välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. (Voidaan käyttää vain tien geometrian ollessa ihanteellinen ts. tapauksissa, joissa keskimääräinen tienopeus on 112 km/h (70 mph)). Laskentamenetelmä on samanlainen kuin edellä esitetty, paitsi että haluttua palvelutasoa ja tunnettua ajokaistojen lukumäärää vastaavaa välityskykyä (taulukosta 10.1) käytetään edellisessä yhtälössä käyttösuhteella korjatun perusrarvon sijasta.

$$SV = MSV W T_L$$

jossa MSV on palvelutason maksimivälityskyky (hay/h), joka saadaan taulukosta 10.1, ja SV, W ja T_L ovat samat kuin aikaisemmin.

Tarkistetaan, että haluttu palvelutaso saavutetaan vertaamalla kuvasta 10.1 saatua käyttönopeuden arvoa tunnettuun keskimääräiseen tienopeuteen.

HUOM: Tätä menetelmää ei voida käyttää, jos keskimääräinen tienopeus ei vastaa ihanneolosuhteita, koska menetelmässä ei käytetä kertoimena käyttösuhdetta, jolla keskimääräisen tienopeuden rajoitukset otetaan huomioon.

Vallitsevissa olosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. - Kerrotaan ihanneolosuhteita vastaava välityskyky haluttua palvelutasoa vastaavalla käyttösuhteella, joka saadaan taulukosta 10.1 (tai kuvasta 10.1). (Kuten ihanneolosuhteissa, voidaan tässäkin mahdollisesti käyttää käyttösuhteen "työarvoa", jos keskimääräinen tienopeus on rajoitettu.)

Jos kuorma-autoista johtuvaa korjauskerrointa käytetään, on sovellettavan arvon vastattava haluttua palvelutasoa eikä välityskykyä.

$$SV = c (v/c) (T_L/T_C)$$

jossa c on välityskyky (sekaliikennemääränä tunnissa yhteen liikennesuuntaan) määriteltynä ihanneolosuhteissa ja SV , v/c , T_L ja T_C samat kuin aikaisemmin.

Tarkistetaan, että haluttu palvelutaso saavutetaan vertaamalla kuvasta 10.1 tuloksena saatavaa käyttönopeutta tunnettuun keskimääräiseen tienopeuteen.

Palvelutasorajojen käyttö laskentaperusteena.— Kun monikaistaisia teitä suunniteltaessa haluttu palvelutaso on määrätty etukäteen, saadaan palvelutason välityskyky (hay/h) suoraan taulukosta 10.1 edellyttäen, että olosuhteet ovat ihanteelliset. Tavallisimmissa tapauksissa, joissa tien geometria tai muut olosuhteet eivät ole ihanteellisia, voidaan taulukon 10.1 perusteella määrittää palvelutasoa vastaava käyttösuhteen arvo. Palvelutason välityskyky voidaan määrittää tämän suhteen perusteella sen jälkeen, kun kokonaisvälityskyky on laskettu (voidaan myös käyttää kuvaa 10.1).

Aikaisemmin laadittua suunnitelmaa tarkastettaessa voidaan ratkaisun toimivuus määrittää vertaamalla edellä saatua käyttösuhteen arvoa suunnitelmasa käytettyyn arvoon.

Palvelutaso

Kun olemassa tai suunnitteilla olevan liittymärajoituksettoman monikaistaisen tien liikennemäärä tunnetaan, edellyttää sen palvelutason määrääminen katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa samanlaisia, osittain tiettyihin lähtöolettamuksiin perustuvia laskentakierroksia kuin luvussa 9 moottoriteiden yhteydessä esitettiin. Tässä tapauksessa kuitenkin ainoa ennalta "arvattava" muuttuja, jonka arvo riippuu tuntemattomasta lopputuloksesta eli palvelutasosta, on kuorma-autoista johtuva korjauskerroin.

Laskentavaiheet ovat seuraavat:

- Lasketaan palvelutason määrittämisessä käytettävä "perusliikennemäärä" samoin menetelmin kuin aikaisemmin kohdassa "Ihanneolosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena" esitettiin, paitsi ettei käytösuhdetta sovelleta.

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 N W T_L$$

jossa N ja W ovat samat kuin aikaisemmin ja T_L on oletettu kuorma-autojen korjauskerroin.

- Jaetaan keskimääräinen liikennemäärä a-kohdassa saadulla "perusliikennemäärällä", jolloin saadaan likimääräinen käyttösuhteen arvo. (Liikennemäärää ei tarvitse muuttaa henkilöautoyk-

siköiksi, koska perusliikennemäärä on a-kohdassa muutettu sekalikenteeksi.)

- Jos käyttönopeus tunnetaan etukäteen, voidaan palvelutaso määrittää taulukon 10.1 (tai kuvan 10.1) mukaan joko käyttönopeuden tai käyttösuhteen perusteella, riippuen siitä kumpi on määräävä.

Ellei käyttönopeutta tunneta etukäteen, se voidaan määrittää edellä lasketuista arvoista taulukon 10.1 perusteella. Vastaavasti voidaan käyttää kuvaa 10.1 lähtemällä asianmukaisesta käyttösuhteen arvosta ja valitsemalla sopiva, tunnettua keskimääräistä tienopeutta vastaava käyrä ja määrittämällä käyttönopeus sen mukaan. Palvelutaso määritetään tämän jälkeen joko käyttönopeuden tai käyttösuhteen perusteella, riippuen siitä kumpi on määräävä.

- Suoritetaan laskelmat uudestaan valitsemalla uusi kuorma-autojen korjauskerroin, jos alkupe-
räinen palvelutasoa koskeva oletamus osoittautui vääräksi.

Liittymärajoituksettoman monikaistaisen tiejakson eri osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena

Yksiajorataisilla ja/tai liittymärajoituksettomilla tavallisilla monikaistaisilla teillä pitkähkön tiejakson liikenneolosuhteet vaihtelevat yleensä huomattavasti enemmän kuin uusilla moottoriteillä. Tämän vuoksi joudutaan ominaisuuksiltaan erilais-
ten tieosien palvelutasojen painotettu keskiarvo määrittämään yleensä huomattavasti useammin kuin moottoriteitä tarkasteltaessa. Yleisesti luvussa 9 esitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa myös tällaisessa tapauksessa. Joitakin muutoksia on menetelmiin kuitenkin tehtävä ja näitä selostetaan seuraavassa.

Liikennemäärän mittana voidaan useimmissa tehtävissä käyttää yhtä hyvin henkilöautoyksiköitä kuin sekalikennemääriä tunnissa. Ainoastaan ramppi-liittymissä ja sekoittumisalueilla (joita esiintyy huomattavasti harvemmin kuin moottoriteillä) näyttää sekalikennemäärien käyttö edullisemmalta, mutta muut tavallisilla monikaistaisilla teillä yleiset, välityskykyä rajoittavat kohdat (tasoliittymät mukaan lukien) voidaan käsitellä yhtä hyvin molemmilla tavoilla. On kuitenkin muistettava, että ratkaisun eri vaiheissa, samoin kuin eri tarkastelujen tuloksia verrattaessa käytetään samoja yksiköjä.

Perustehtävät ovat samanlaiset kuin moottoriteiden yhteydessä: Joko tutkitaan olemassa olevan tien toimintaa ja pyritään selvittämään, onko sillä liikenteenvälityskykyä rajoittavia kohtia tai pyritään suunnittelemaan uusi tie siten, ettei tällaisia kohtia syntyisi. Kuten aikaisemminkin, koko tien mahdollisimman tasapainoinen toiminta

on tavoitteena. Koska pitkäkööllä tiejaksolla saattaa kuitenkin olla monia potentiaalisia häiriökohtia, ei tähän tavoitteeseen todennäköisesti täysin päästä. Samoin kuin aikaisemminkin, on tien yleinen palvelutaso parempi sellaisessa tapauksessa, jossa on vain yksi tai muutamia palvelutason välityskykyä rajoittavia kohtia kuin jos niitä on monta, ellei liikennemäärä ylitä minkään kohdan välityskykyä.

Käsiteltyihin menetelmiin perustuvia esimerkkiratkaisuja esitetään seuraavassa tekstiosassa. Vaikka "painotetun välityskyvyn" arvot ovat verraten merkityksellisiä tietyllä tieosalla, on kuitenkin otettava huomioon, että tällaisten painotusta edellyttävien vaihtelujen esiintyminen saattaa edellyttää myös, että tiejakson jakopisteiden tarkoituksenmukaisuus tutkitaan uudelleen laskelmien jälkeen. Toisin sanoen, jos tietyn tiejakson yleisen välityskyvyn määrittäminen on vaikeata, saattaa se johtua siitä, että tiejakson päätepisteiden välillä on niin monia liittymäkohtia (tärkeiden poikittaisteiden liittymät mukaan luettuina), että jakson tutkiminen yhtenä yksikkönä on sinänsä mahdollonta. Myös "painotetuilla palvelutasojen välityskyvyillä" saattaa joissakin erityistarkasteluissa olla tiettyä käyttöarvoa.

Jos tien tarkastelu yhtenä kokonaisuutena näyttää mahdolliselta, voidaan määrittää tien "painotettu palvelutaso". Tämä tehdään samoin yleisin perustein kuin luvussa 9 moottoriteiden yhteydessä esitettiin. Tiejaksolle määritetään mahdollisuuksien mukaan käyttönopeuksien sekä käyttösuhteiden painotetut keskiarvot eri tieosien keskiarvoista painottamalla ne tieosien pituuksilla. Näitä arvoja verrataan taulukossa 10.1 (tai kuvassa 10.1) esitettyihin palvelutasojen rajoja osoittaviin arvoihin, minkä lisäksi tarkistetaan kriittisintä käyttösuhdetta käyttämällä, ettei tien välityskyky ylitä missään kohdassa. Ellei käyttösuhteen ja käyttönopeuden arvoja ole käytettävissä, on luvussa 9 esitetty graafinen menetelmä sopivampi menettelytapa.

Liikennevaloin varustetuilla liittymillä tai muilla pistemäisillä häiriökohdilla ei ole painotuksessa tarvittavaa pituutta. Maaseudulla, missä liikennevaloja on harvassa ja ne voivat tavallisesti välittää normaalit maaseudulla esiintyvät liikennemäärät, voidaan tasoliittymät yleensä jättää huomiotta painotuksessa. Tällöin ne käsitellään erikseen ja selvitetään vastaako niiden palvelutaso viereisten tieosien palvelutasoa. Jos jokin liikennevalo tai muu pistemäinen kohta kuitenkin on huomattavan häiritsevä, tulisi sen yhteydessä käyttää likimääräistä, sen vaikutusalueen vastaavaa pituutta. Pistemäisten tai lyhyiden sivusteteiden yhteydessä, esimerkiksi kapeilla sil-

loilla, voidaan tarkempien tietojen puuttuessa vaikutusalueena käyttää 5 sekunnin ajoaikaa vastaavaa matkaa lisätyn häiriökohdan todellisella pituudella. Jos esimerkiksi tiellä, jolla käyttönopeus on 80 km/h (50 mph) esiintyy kapea silta, on sen vaikutusalue ylävirtaan $(80/3600) \times 5 \times 1000 = 111$ m.

Jos monikaistaisella tiellä esiintyy tieosia, joilla ajokaistojen lukumäärä on erilainen, voidaan sen yleinen painotettu palvelutaso kuitenkin määrittää edellyttäen, että kullakin tieosalla on vähintään 4 ajokaistaa (2 kumpaankin suuntaan). Ratkaisuesimerkissä 9.8 esitettyä painottamista voidaan käyttää myös tavallisten monikaistaisien teiden painottamisen mallina.

Esimerkkiratkaisuja - tavalliset monikaistaiset tiet

Esimerkki 10.1

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Nelikaistainen tie maaseudulla. Tie on yksiajoratainen eikä sillä ole liittymärajoitusta. Ajokaistojen leveys 3.0 m.

Pientareiden leveys oikealla puolella 0.6 m, sivusteteitä 0.6 metrin päässä pientareen reunasta.

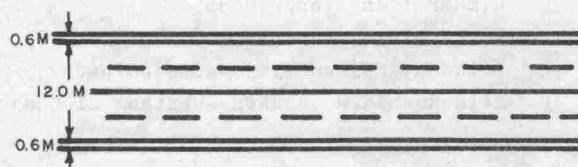
Pitkäköö tiejakso mäkisessä maastossa.

Tien geometria sallii 96 km/h:n (60 mph) keskimääräisen tienopeuden.

Kuorma-autojen osuus 7 %.

Pitkamatkaisia linja-autoja ei tarvitse ottaa huomioon.

Huomattavia liittymiä esiintyy harvoin, ja tiellä on mahdollista ajaa yli 72 km/h:n (45 mph) nopeudella liikennemäärien ollessa alhaisia.



On määritettävä palvelutasojen B ja E (välityskyky) välityskyvyt.

Ratkaisu:

(Huom.: Menetelmä on samanlainen kuin moottoriteillä käytetty. Tärkein ero on, että tavallisesti monien ihanneolosuhteista poikkeavien teijöiden johdosta käytetään useampia korjauskertoimia.)

Välityskyky:

$$c = 2000 N W T_c$$

jossa

$$N = 2$$

$W = 0.88$, joka saadaan taulukosta 10.2, kun ajokaistojen leveys on 3.0 m ja sivuesteiden etäisyys 1.2 m toisella puolella.

$T_c = 0.83$, joka saadaan taulukosta 10.3b, kun kuorma-autoja on 7 % mäkisessä maastossa.

$c = 2000 \times 2 \times 0.88 \times 0.83 = 2920$ ajon./h yhteen-
sä yhteen liikennesuuntaan.

Palvelutason B välityskyky:

$$SV_B = 2000 N (v/c) W T_L$$

jossa

$$N = 2$$

$v/c = 0.20$, joka on taulukosta 10.1 saatu palvelutasoa B vastaava "työarvo", keskimääräinen tienopeus = 96 km/h (60 mph).

$W = 0.88$, kuten aikaisemminkin.

$T_L = 0.83$, kuten aikaisemminkin.

$SV_B = 2000 \times 2 \times 0.20 \times 0.88 \times 0.83 = 585$ ajon./h
yhteensä yhteen liikennesuuntaan.

Käyttönopeudelta edellytetty arvo toteutuu käyttösuhteen "työarvolla".

Esimerkki 10.2

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Yksiajoratainen ja liittymärajoitukseton nelikaistainen tie maaseudulla.

Ajokaistojen leveys 3.3 m. Ei pientareita, sivuesteitä esiintyy ajopäälysteen reunassa.

Yksittäinen 6 prosentin nousu, jonka pituus 1.6 km.

Tien geometria sallii 80 km/h:n (50 mph) keskimääräisen tienopeuden.

Kuorma-autojen osuus 7 %.

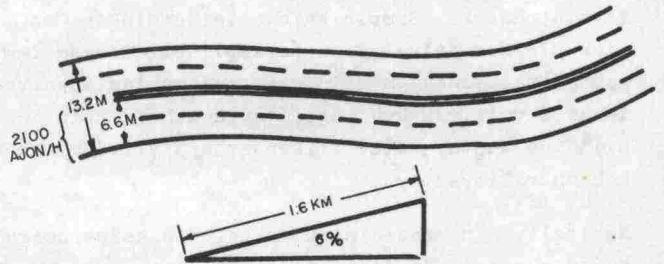
Pitkämatkaisten linja-autojen osuus 3 %.

Liikennemäärä nousun suuntaan 2100 ajon./h.

On määritettävä nousussa esiintyvä palvelutaso.

Ratkaisu:

Taulukon 10.1 perusteella todetaan, että raskaassa nousussa tavallisen nelikaistaisen tien toiminta todennäköisesti vastaa enintään palvelutasoa D. Oletetaan palvelutasoksi D, ja valitaan palvelutasosta riippuvien korjauskertoimien arvot sen mukaan.



Näin jyrkässä ylämäessä linja-autot tulisi käsitellä erikseen käyttämällä linja-autojen korjauskerrointa B_L .

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 N W T_L B_L$$

jossa

$$N = 2.$$

$W = 0.85$, joka saadaan taulukosta 10.2, kun ajokaistojen leveys on 3.3 m ja sivuesteiden etäisyys 0 m.

T_L : Taulukosta 10.4 saadaan $E_T = 14$, kun palvelutaso on D, kuorma-autojen osuus 7 prosenttia ja nousun jyrkkyys 6 prosenttia ja pituus 1.6 km.

Taulukosta 10.6 saadaan $T_L = 0.52$, kun $E_T = 14$ ja $P_T = 7$.

B_L : Taulukosta 10.5 saadaan $E_B = 4$, kun palvelutaso on D, linja-autojen osuus 3 %, nousun jyrkkyys 6 % ja nousun pituus 1.6 km.

Taulukosta 10.6 saadaan $B_L = 0.92$, kun $E_B = 4$ ja $P_B = 3$.

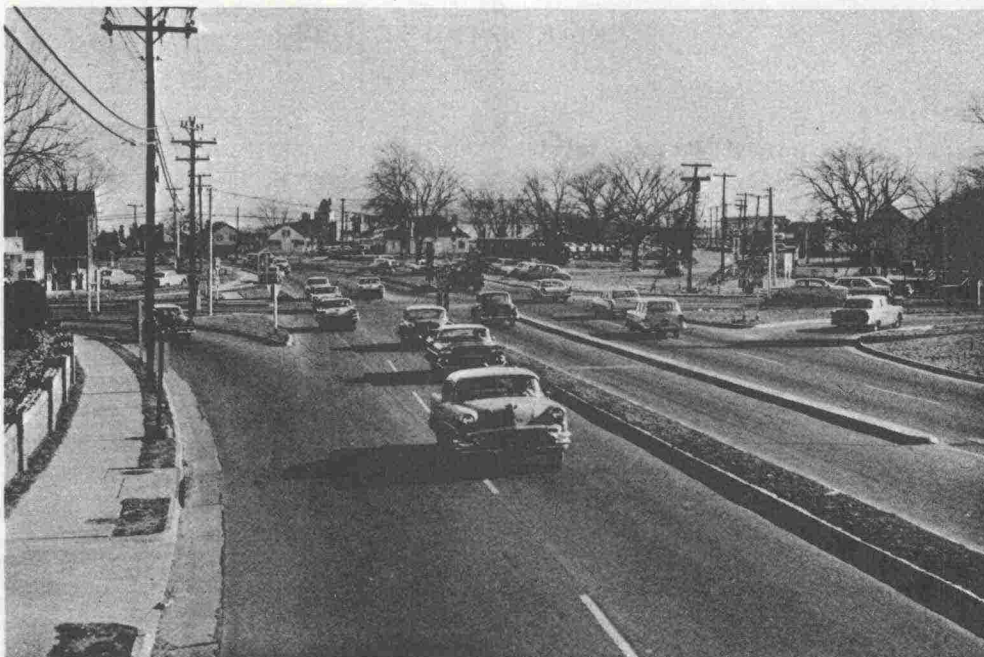
$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 \times 2 \times 0.85 \times 0.52 \times 0.92 = 1627 \text{ ajon./h.}$$

$$\text{Käyttösuhte} = 2100/1627 = 1.29.$$

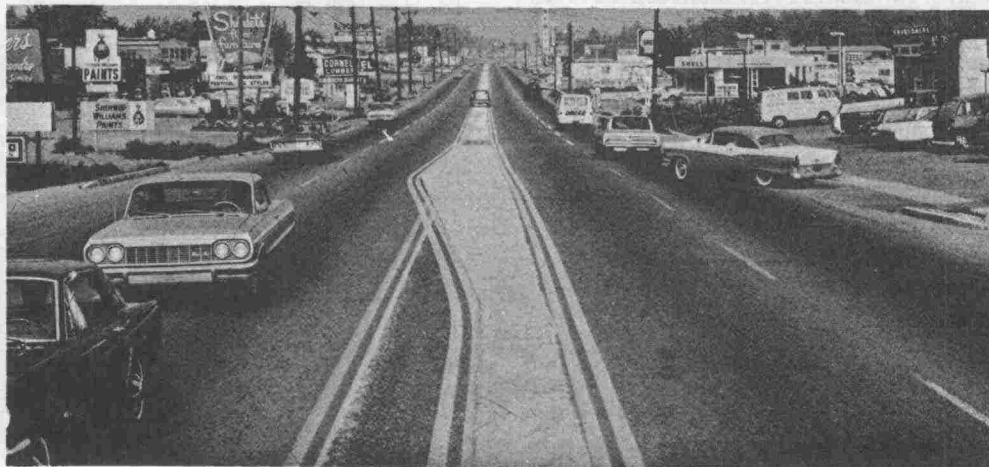
Voidaan päätellä, että tie on ylikuormitettu eikä toimi palvelutasolla D. Jos laskelmat suoritetaan käyttäen palvelutasoa E vastaavia kertoimia, ei tilanne muutu, koska kaikki palvelutasolla D käytetyt kertoimet ovat samat kuin palvelutasolla E. Täten ylikuormitus säilyisi.

Voidaan siis päätellä, että palvelutaso nousussa on F.

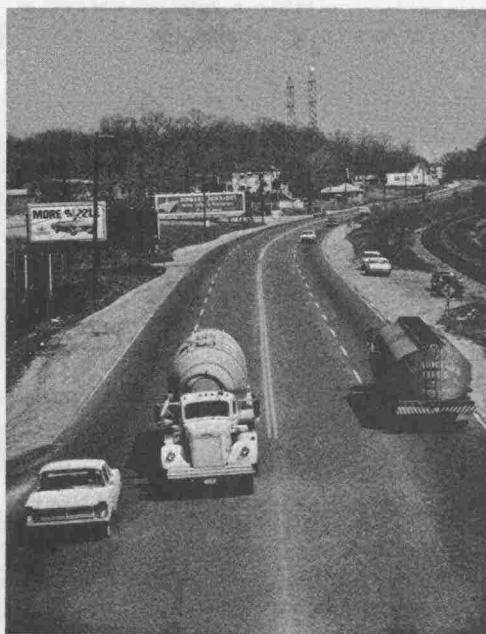
Olosuhteita voidaan parantaa rakentamalla kuorma-autojen määrän edellyttämä ryömintäkaista.



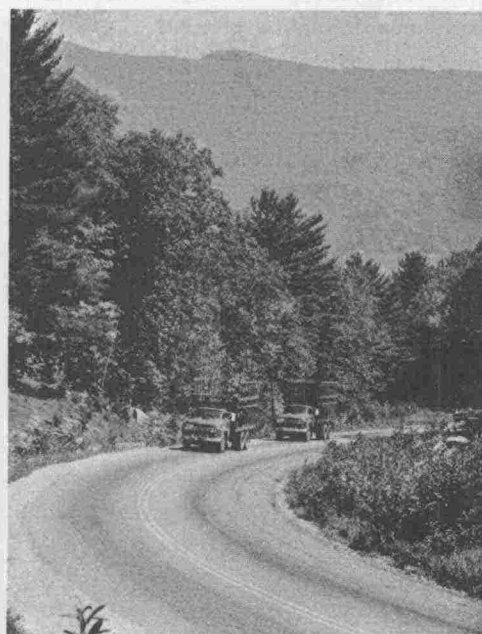
Tien varrelle muodostuneista taajamista ja tasoliittymistä aiheutuvat liikenteen katkeamat alentavat tämän kaksiajorataisen liittymärajoituksella varustamattoman tien palvelutasojen välityskykyä.



Tien varrelle syntyneestä nauhamaisesta taajamasta johtuvat häiriöt aiheuttavat erilaisia vastuksia tällä monikaistaisella tiellä, jolla ei ole liittymärajoitusta ja joka palvelee sekä liikennettä että sen varrella olevaa maankäyttöä.



Tavallinen monikaistainen liittymärajoituksella varustamaton tie.



Tällä kaarteisella tiellä, jolla on jyrkkiä pituuskaltevuuksia ja huomattava määrä kuorma-autoja, liikenteenvälityskyky on huomattavan alhainen.

KAKSIKAISTAISET TIET

Tiellä on tavallisesti vähintään kaksi ajokaistaa eli yksi kumpaankin liikennesuuntaan. Useissa tapauksissa kaksikaistaisen tien rakentamista ei voida perustella pelkästään liikennemäärien tai välityskyvaatimusten avulla, vaan sen rakentamisen johtuu palvelutason vähimmäisvaatimuksista, koska liikenneturvallisuus, ajomukavuus ja siedettävät ajo-olosuhteet edellyttävät vähintään yhtä ajokaistaa kumpaankin liikennesuuntaan. Kaksikaistaiset tiet muodostavat pääosan maaseutalueiden kokonaistieverkosta.

Kaksikaistaisen teiden toiminta eroaa monikaistaisista teistä pääasiassa kahdella tavalla: Ensiksi liikenteen suuntajakautuma ei vaikuta ajo-olosuhteisiin käytännöllisesti katsoen ollenkaan millään kokonaisliikennemäärällä. Tämän vuoksi kaksikaistaisen teiden liikenteenvälityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt ilmaistaan yhtenä lukuarvona ajoneuvoina tunnissa liikenteen suuntajakautumasta riippumatta. Toisena eroavuutena on, että ohittaminen joudutaan suorittamaan käyttämällä tavallisesti vastakkaissuuntaiselle liikenteelle varattua ajokaistaa. Jos halutulla nopeudella ajaminen edellyttää ohittamisia, liikennemäärä sekä tien geometria, joka määrittelee mahdolliset ohitusnäkemät, vaikuttavat huomattavasti enemmän kaksikaistaisen tien käyttönopeuksiin kuin monikaistaisilla teillä. Tämän vuoksi on kaksikaistaisen teiden palvelutasojen välityskykyä määritettäessä otettava huomioon myös ohitusnäkemien (vähintään 460 m) määrä.

Vaikka suurimmalla osalla kaksikaistaisista teistä ei ole liittymärajoitusta, eivät kaksikaistaiset, liittymärajoituksella varustetut tiet ole kuitenkaan harvinaisia. Toiminnallisesti ne eivät eroa kovinkaan paljon liittymärajoituksella varustattomista teistä lukuunottamatta tien varrelle muodostuneiden taajamien aiheuttaman häiriön poistumista, koska ohittamistilanteet ja niihin liittyvät yhteentörmäysmahdollisuudet säilyvät ennallaan. Tämän vuoksi ei liittymärajoituksella varustettuja kaksikaistaisia teitä käsitellä erikseen tässä käsikirjassa, vaan niiden voidaan yleensä katsoa vastaavan korkealuokkaisia kaksikaistaisia teitä, joilla ei ole liittymärajoitusta.

Korkealuokkaisilla kaksikaistaisilla maaseudun teillä liikennemäärien kasvu katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa vaikuttaa käyttönopeuksiin merkittävästi jopa alhaisilla liikennemäärillä huolimatta siitä, että ohittamisnäkemä saattaa säilyä lähes koko tiejaksolla. Alempiluokkaisilla teillä liikennemäärien vaikutus ei ole yhtä selvä siitä syystä, että näiden teiden huonommasta geometriasta johtuen ei suuria nopeuksia voida käyttää edes pienillä liikennemäärillä.

Luvun 3 kuvassa 3.28 esitettiin kaksikaistaisilla teillä havaittu ajoneuvojen nopeusjakautuma. Eri tyyppisillä kaksikaistaisilla teillä havaittuja nopeuden ja liikennemäärän riippuvuuksia sekä erilaisen keskimääräisen tienopeuden ja ohitusnäkemien osuuden vaikutuksia tähän riippuvuuteen muuten ihanteellisissa olosuhteissa esitettiin kuvissa 3.40 ja 3.43. Esitetyt kuvaajat sekä tässä tekstiosassa esitetyt laskentaperusteet perustuvat 1950-luvun keskivaiheilla kerättyihin tietoihin (2), mutta niitä on tarkistettu siten, että ne vastaavat viime vuosina tehdyissä nopeustutkimuksissa (3) havaittuja kasvaneita ajonopeuksia. Todettakoon, että kun liikennemäärän ja nopeuden välinen riippuvuus moottoriteillä ja monikaistaisilla teillä on yleensä suoraviivainen, on käyttönopeuden ja liikennemäärän riippuvuus kaksikaistaisilla teillä hieman aaltomainen.

PALVELUTASO

Kaksikaistaisen teiden geometria vaikuttaa käyttönopeuksiin pääasiassa palvelutasoa A vastaavissa häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa, ja sen vaikutus tulee vähemmän merkitseväksi tullessa tämän palvelutason liikennemäärän ylärajalle. Tällä palvelutasolla nopeusrajoitukset vaikuttavat myös voimakkaimmin keskimääräisiin nopeuksiin. Palvelutasolla A käyttönopeuden täytyy olla vähintään 96 km/h (60 mph). Jos koko tiejaksolla on ohitusnäkemä, liikennemäärät voivat olla 20 % välityskyvystä. Ihanneolosuhteissa saattaa palvelutason A välityskyky olla 400 hay/h yhteensä molempiin liikennesuuntiin. Ohittaminen on mahdollista lähes viivästyksittä noin 75 prosentissa tapauksista, ja vastaan tulevat ajoneuvot ovat luonnollisesti pääasiallisin ohituksia vaikeuttava tekijä.

Liikennevirta muuttuu vakaaksi palvelutason B alkaessa. Palvelutason välityskyvyn tasolla liikennemäärä vaikuttaa useimpien ajoneuvojen nopeuksiin. Ajoneuvojen kuljettajat haluaisivat yleensä ohittaa edellisiä ajoneuvoja useammin kuin kasvaneen liikennetiheyden takia on mahdollista. Täten lähes kaikki ajoneuvot vaikuttavat jonkin verran toisiinsa, vaikkakaan tämä vaikutus ei vielä tunnu kohtuuttomalta. Käyttönopeudet ovat vähintään 80 km/h (50 mph), ja liikennemäärä voi olla 45 prosenttia välityskyvystä, jos ohitusnäkemä säilyy koko tiejaksolla. Ihanneolosuhteissa voidaan tällä palvelutasolla välittää 900 hay/h yhteensä molempiin liikennesuuntiin.

Liikennemäärän kasvu em. arvosta vaikuttaa välittömästi käyttönopeuteen tien geometriasta riippumatta. Palvelutason C rajalla, jolloin liikennevirta on vielä vakaa, käyttönopeudet katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa ovat kaikilla kaksikaistaisilla teillä.

taisilla teillä vähintään 64 km/h (40 mph). Molempien liikennesuuntien kokonaisliikennemäärä voi olla 70 prosenttia välityskyvystä, eli 1400 hay/h ihanneolosuhteissa, jos ohitusnäkemä säilyy jatkuvasti.

Liikennevirta lähestyy epävakaata, kun käyttönopeudet ovat 56 km/h (35 mph). Molempien liikennesuuntien liikennemäärä yhteensä saattaa olla 85 prosenttia välityskyvystä eli 1700 hay/h ihanneolosuhteissa, jos ohitusnäkemä säilyy jatkuvasti. Nämä olosuhteet vastaavat palvelutason D rajaa, eli se on korkein liikennemäärä, joka voidaan välittää lyhyinä ajanjaksoina ilman, että liikennevirran täydellinen ruuhkautuminen olisi hyvin todennäköistä.

Palvelutasolla E, eli välityskyvyn tasolla havaitut käyttönopeudet ovat yleensä noin 48 km/h (30 mph), mutta saattavat vaihdella huomattavasti. Molempien liikennesuuntien kokonaisliikennemäärä ihanneolosuhteissa on 2000 hay/h. Samoin kuin muillakin tietyyypeillä, palvelutaso F vastaa "pakotetun", ruuhkautuneen liikennevirran olosuhteita, jonka ominaisuudet ovat suhteellisen vaikeasti ennustettavissa. Käyttönopeudet ovat alle 48 km/h (30 mph) ja molempien liikennesuuntien kokonaisliikennemäärä on alle 2000 hay/h. Useissa tapauksissa palvelutaso E ei esiinny ollenkaan, vaan liikennemäärien kasvaessa joudutaan palvelutasolta D suoraan palvelutasolle F.

Ohitusnäkemän puuttuminen voidaan ottaa huomioon kahdella tavalla. Jos ohitusmahdollisuudet tiellä ovat rajoitettuja, käyttönopeudet ovat samalla liikennemäärätasolla alhaisempia kuin ohittamismahdollisuuksien ollessa hyvät. Täten siis yhtä suurien käyttönopeuksien ylläpitäminen ohittamismahdollisuuksien huonontuessa edellyttää alhaisempia liikennemääriä. Jälkimmäistä perustetta käytetään kaksikaistaisten teiden palvelutasoja määritettäessä, koska palvelutasot on tässä kirjassa kaikissa tapauksissa esitetty pääasiassa käyttönopeudesta riippuvina, jolloin liikennemäärän aiheuttamat rajoitukset ovat toissijaisia. Kutakin tiettyä palvelutason rajakohtaa vastaa aina samansuuruisen käyttönopeus. Ohittamismäärien osuuden pieneminen heijastuu palvelutasojen välityskykyjen alenemisena. Tien heikko geometria (josta johtuen keskimääräinen tienopeus on ihanneolosuhteita alhaisempi) vaikuttaa samalla tavalla, minkä lisäksi siitä johtuen joitakin korkeampia palvelutasoja ei ehkä saavuteta ollenkaan.

Taulukossa 10.7 on esitetty kaksikaistaisten teiden eri palvelutasojen ajo-olosuhteiden perusominaisuuksia sekä yhteenvedo palvelutasoon vaikuttavista tekijöistä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa. Käyttönopeuden ja käyttösuhteen ihanteellista geometriaa koskevien perusarvojen lisäksi taulukossa on esitetty ohitusnäkemien erilaisen osuuden likimääräiset vaikutukset sekä keskimääräisen tienopeuden vaikutukset käyttösuhteen "työarvoina". Ohitusnäkemien (vähintään 460 m) määrä on ilmaistu prosentteina tutkittavan tiejakson koko pituudesta.

SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVAT KRIITTISET KOHTEET

Ajokaistojen leveys ja sivuesteet

Kaksikaistaisten teiden suunnittelussa käytetyt standardit vaihtelevat huomattavasti. Tietyillä uusilla kaksikaistaisilla teillä, joiden liikennemäärän oletetaan säilyvän alhaisena, ajokaistojen leveys saattaa olla vain 3.0 m (10 ft). Joillakin vanhoilla teillä ajokaistojen leveys saattaa olla vain 2.7 m (9 ft), minkä lisäksi sivuesteitä saattaa esiintyä usein. Taulukossa 10.8 on esitetty ajokaistojen leveydestä ja sivuesteistä johtuvat korjauskertoimet kaksikaistaisilla teillä.

Kuorma-autot, linja-autot ja pituuskaltevuudet

Kuorma-autojen, linja-autojen ja pituuskaltevuuk-sien vaikutuksia kaksikaistaisilla teillä on käsitelty yksityiskohtaisesti luvussa 5. Kuten monikaistaisillakin teillä, on kuorma- ja linja-autojen vaikutus aina otettava huomioon jopa tasaisessa maastossa. Niiden vaikutus tulee kuitenkin paljon suuremmaksi pituuskaltevilla tieosilla. Luvussa 5 on todettu, että yleisimmin esiintyvät pituuskaltevuudet vaikuttavat ajo-olosuhteisiin ainoastaan silloin kun liikennevirrassa on kuorma-autoja (ja toisinaan pitkämatkaisia linja-autoja). Lisäksi esitettiin, että vaikutus vaihtelee pituuskaltevuuden pituuden ja jyrkkyyden mukaan sekä tarkasteltavasta palvelutasosta riippuen. Edelleen todettiin, että kuorma- ja linja-autojen keskimääräinen vaikutus pitkäköillä tiejaksoilla on erilainen kuin useimmissa yksittäisissä pituuskaltevissa kohdissa.

Taulukko 10.7 KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN PALVELUTASOT JA NIIDEN VÄLITYSKYVYTTÄ KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIR-
RAN OLOSUhteissa (VASTAA YLEENSÄ MAASEUDULLA ESIINTYVIÄ OLOSUhteITA)

PAL- VE- LU- TA- SO	LIIKENNEVIRRRAN OLOSUhteET		YLI 460 METRIN OHITUSNÄKEMIEN OSUUS (%)	KÄYTTÖSUHDE						PALVELUTASON VÄ- LITYSKYKY IHANNE- OLOSUhteISSA, KUN KESKIMÄÄRÄINEN TIE NOPEUS ON 112 KM/H (HAY/H YHT. MOL. LIIKENNE- SUUNTIIN)
	TYYPPI	KÄYTTÖNOPEUS ^a (KM/H)		PALVELUTASON RAJAA VASTAAVA PERUSARVO KES- KIMÄÄRÄISELLÄ TIE NOPEUDELLA 112 KM/H ^a	KÄYTTÖSUHTEEN "TYÖAR- VOT", KUN KESKIMÄÄ- RÄINEN TIE NOPEUS ON ^b					
					96 KM/H	80 KM/H	72 KM/H	64 KM/H	56 KM/H	
A	HÄIRIINTY- MÄTÖN LII- KENNEVIRTA	≥ 96	100 80 60 40 20 0	≤ 0.20 0.18 0.15 0.12 0.08 0.04	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	400	
B	VAKAA LII- KENNEVIRTA (YLEMPI NO- PEUSALUE)	≥ 80	100 80 60 40 20 0	≤ 0.45 0.42 0.38 0.34 0.30 0.24	≤ 0.40 0.35 0.30 0.24 0.18 0.12	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	900	
C	VAKAA LII- KENNEVIRTA	≥ 64	100 80 60 40 20 0	≤ 0.70 0.68 0.65 0.62 0.59 0.54	≤ 0.66 0.61 0.56 0.51 0.45 0.38	≤ 0.56 0.53 0.47 0.38 0.28 0.18	≤ 0.51 0.46 0.41 0.32 0.22 0.12	- - - - - -	1400	
D	LÄHES EPÄVA- KAA LIIKEN- NEVIRTA	≥ 56	100 80 60 40 20 0	≤ 0.85 0.84 0.83 0.82 0.81 0.80	≤ 0.83 0.81 0.79 0.76 0.71 0.66	≤ 0.75 0.72 0.69 0.66 0.61 0.51	≤ 0.67 0.62 0.57 0.52 0.44 0.30	≤ 0.58 0.55 0.51 0.45 0.35 0.19	- - - - - -	1700
E ^c	EPÄVAKAA LIIKENNE- VIRTA	≥ 48 ^d	EI KÄYTETÄ ^e	≤ 1.00					2000	
F	"PAKOTETTU" LIIKENNE- VIRTA	< 48 ^d	EI KÄYTETÄ ^e	EI MERKITYSTÄ ^f					VAIHTELEE HUO- MATTAVASTI (NOLLASTA VÄLI- TYSKYKYYN)	

^aKäyttönopeus ja käyttösuhte ovat toisistaan riippumattomia palvelutasoa mittaavia suureita. Molem-
pien arvojen täytyy vastata haluttua palvelutasoa.

^bEllei arvoa ole ilmoitettu, ei palvelutason edellyttämää käyttönopeutta saavuteta edes alhaisilla
liikennemäärillä.

^cVälityskyky.

^dLikimääräinen arvo.

^eOhittaminen ei ole mahdollista.

^fKäyttösuhte saattaa olla huomattavasti yli 1.00, mikä osoittaa ylikuormituksen vallitsevan.

Taulukko 10.8 AJOKAISTOJEN LEVEYDEN JA SIVUESTEIDEN YHTEISVAIKUTUS KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN LIIKENTEEN-
VÄLITYSKYKYYN JA PALVELUTASOJEN VÄLITYSKYKYIHIN KATKEAMATTOMAN LIIKENNEVIRRAN OLOSUH-
TEISSA

SIVUESTEEN ETÄISYYS AJOKAISTAN REUNASTA (m)	AJOKAISTOJEN LEVEYDESTÄ JA SIVUESTEISTÄ JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET ^a W_L JA W_C															
	SIVUESTEITÄ AJORADAN YHDELLÄ PUOLELLA ^b								SIVUESTEITÄ AJORADAN MOL. PUOLILLA ^b							
	AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT		AJOKAISTAT	
	3.6 m		3.3 m		3.0 m		2.7 m		3.6 m		3.3 m		3.0 m		2.7 m	
	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c	PAL- VE- LU- TASO B	PAL- VE- LU- TASO E ^c
1.8	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.2	0.96	0.97	0.83	0.85	0.74	0.79	0.68	0.74	0.92	0.94	0.79	0.83	0.71	0.76	0.65	0.71
0.6	0.91	0.93	0.78	0.81	0.70	0.75	0.64	0.70	0.81	0.85	0.70	0.75	0.63	0.69	0.57	0.65
0	0.85	0.88	0.73	0.77	0.66	0.71	0.60	0.66	0.70	0.76	0.60	0.67	0.54	0.62	0.49	0.58

^aKerroin W_C vastaa palvelutasoa E ja kerroin W_L palvelutasoa B. Muut arvot interpoloidaan.

^bVastaantuleva liikenne on otettu kertoimessa huomioon.

^cVälityskyky.

Taulukossa 10.9a on esitetty kuorma-autojen keskimääräiset yleiset henkilöautoekvivalentit pitkäköillä kaksikaistaisilla tiejaksoilla eri palvelutasoilla ja erilaisissa maasto-olosuhteissa. Vaikka linja-autojen määrä vain harvoin edellyttää erillistä tarkastelua, on taulukossa esitetty linja-autoille erilliset ekvivalentit käytettäväksi tapauksissa, joissa linja-autojen määrä on merkitsevä.

Taulukossa 10.9b on esitetty yleiset korjauskertoimet, joilla kuorma- ja henkilöautoista muodostuneet sekaliikennemäärät pitkäköillä kaksikaistaisilla tiejaksoilla voidaan muuttaa henkilöautoyksiköiksi tunnissa. Kertoimet perustuvat em. henkilöautoekvivalentteihin. Taulukossa esitettyjä kertoimia voidaan käyttää tarkasteltaessa pitkäköjä kaksikaistaisia tiejaksoja, jotka sisältävät sekä laskuja, tasaisia osuuksia että nousuja. Jos linja-autoja tarkastellaan erikseen, ei taulukkoa 10.9b voida käyttää. Tällaisessa tapauksessa käytetään taulukossa 10.9a esitettyjä linja-autojen ekvivalenttikertoimia yhdessä taulukon 10.12 kanssa, jolloin saadaan erilliset linja-autoista johtuvat korjauskertoimet.

Jos kuorma- ja linja-autojen vaikutukset on määritettävä yksittäisessä nousussa, on menetelmä hieman vaikeampi. Taulukko 10.10 on laadittu luvussa 5 esitetyin perustein siten, että se vas-

taa kuorma-autojen henkilöautoekvivalenttikertoimia eri palvelutasoilla ja välityskyvyn tasolla kaksikaistaisilla teillä, kun ryömintäkaistaa ei ole rakennettu. Taulukossa 10.11 on esitetty vastaavat pitkämatkaisten linja-autojen henkilöautoekvivalenttikertoimet, joita voidaan käyttää niissä verraten harvoissa tapauksissa, jolloin linja-autojen määrä on huomattava ja/tai pituuskaltevuudet jyrkkiä. Käytännön laskelmissa näissä taulukoissa esitettyjä kertoimia ei käytetä yleensä sellaisenaan, vaan niiden perusteella valitaan taulukosta 10.12 korjauskertoimet, jotka ottavat huomioon sekä henkilöautoekvivalentin arvon että kuorma-autojen osuuden liikennevirrassa. Laskentamenetelmä esitetään myöhemmin tässä luvussa.

Kuten luvussa 5 esitettiin, näissä kuorma-autoja koskevissa laskentamenetelmissä oletetaan kuorma-autojen olevan ominaisuuksiltaan "keskimääräisiä". Mikäli tällainen oletamus ei pidä paikkaansa, saattavat luvussa 5 esitettyihin tietoihin perustuvat erillistutkimukset olla tarpeen. Tällöin henkilöautoekvivalenttikerroin määritetään kuvasta 5.6 ja sitä käytetään lähtöarvona taulukkoa 10.12 käytettäessä.

Kaksikaistaisilla teillä esiintyvät laskut ovat varsin merkitseviä, koska ne liittyvät läheisesti nousuihin. Toisessa liikennesuunnassa esiintyvä nousu on luonnollisesti lasku vastakkaissuuntaisen

Taulukko 10.9a KUORMA- JA LINJA-AUTOJEN YLEISET, KESKIMÄÄRÄISET HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN PITKÄHKÖILLÄ JAKSOILLA (TIEJAKSOON SISÄLTYY NOUSUJA, LASKUJA JA TASAISIA TIEOSIA)

HENKILÖAUTOEKVI- VALENTTI	PALVELUTASO	EKVIVALENTIN ARVO		
		TASAINEN MAASTO	MÄKINEN MAASTO	VUORISTOINEN MAASTO
E _T KUORMA-AUTOILLE	A	3	4	7
	B JA C	2.5	5	10
	D JA E	2	5	12
E _B LINJA-AUTOILLE ^a	KAIKKI PALVELUTASOT	2	4	6

^aErillinen tarkastelu ei ole tarpeen useimmissa tehtävissä, käytetään vain silloin kun kuorma-autojen määrä on huomattava.

Taulukko 10.9b KUORMA-AUTOISTA JOHTUVAT YLEISET, KESKIMÄÄRÄISET KORJAUSKERTOIMET^b KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN PITKÄHKÖILLÄ JAKSOILLA

KUORMA-AUTO- JEN OSUUS P _T (%)	KORJAUSKERROIN T								
	TASAINEN MAASTO			MÄKINEN MAASTO			VUORISTOINEN MAASTO		
	PALVELU- TASO A	PALVELU- TASOT B ja C	PALVELU- TASOT D ja E ^c	PALVELU- TASO A	PALVELU- TASOT B ja C	PALVELU- TASOT D ja E ^c	PALVELU- TASO A	PALVELU- TASOT B ja C	PALVELU- TASOT D ja E ^c
1	0.98	0.99	0.99	0.97	0.96	0.96	0.94	0.92	0.90
2	0.96	0.97	0.98	0.94	0.93	0.93	0.89	0.85	0.82
3	0.94	0.96	0.97	0.92	0.89	0.89	0.85	0.79	0.75
4	0.93	0.95	0.96	0.89	0.86	0.86	0.81	0.74	0.69
5	0.91	0.93	0.95	0.87	0.83	0.83	0.77	0.69	0.65
6	0.89	0.92	0.94	0.85	0.81	0.81	0.74	0.65	0.60
7	0.88	0.91	0.93	0.83	0.78	0.78	0.70	0.61	0.57
8	0.86	0.90	0.93	0.81	0.76	0.76	0.68	0.58	0.53
9	0.85	0.89	0.92	0.79	0.74	0.74	0.65	0.55	0.50
10	0.83	0.87	0.91	0.77	0.71	0.71	0.63	0.53	0.48
12	0.81	0.85	0.89	0.74	0.68	0.68	0.58	0.48	0.43
14	0.78	0.83	0.88	0.70	0.64	0.64	0.54	0.44	0.39
16	0.76	0.81	0.86	0.68	0.61	0.61	0.51	0.41	0.36
18	0.74	0.80	0.85	0.65	0.58	0.58	0.48	0.38	0.34
20	0.71	0.77	0.83	0.63	0.56	0.56	0.45	0.36	0.31

^bEi voida käyttää tarkasteltaessa linja-autoja erikseen. Tällaisessa tapauksessa käytetään taulukkoa 10.9a yhdessä taulukon 10.12 kanssa.
^cVälityskyky.

Taulukko 10.10 KUORMA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA
TAI PITUUSKALTEVILLA OSILLA

PITUUSKALTEVUUS (%)	PITUUSKALTEVAN TIE- OSAN PITUUS (KM)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI E_T (KUORMA-AUTOJEN OSUUDESTA RIIP- PUMATTA)		
		PALVELUTASOT A ja B	PALVELUTASO C	PALVELUTASOT D ja E (VÄLITYSKYKY)
0-2	KAIKKI	2	2	2
3	0.4	5	3	2
	0.8	10	10	7
	1.2	14	16	14
	1.6	17	21	20
	2.4	19	25	26
	3.2	21	27	29
	4.8	22	29	31
	6.4	23	31	32
4	0.4	7	6	3
	0.8	16	20	20
	1.2	22	30	32
	1.6	26	35	39
	2.4	28	39	44
	3.2	30	42	47
	4.8	31	44	50
	6.4	32	46	52
5	0.4	10	10	7
	0.8	24	33	37
	1.2	29	42	47
	1.6	33	47	54
	2.4	35	51	59
	3.2	37	54	63
	4.8	39	56	66
	6.4	40	57	68
6	0.4	14	17	16
	0.8	33	47	54
	1.2	39	56	65
	1.6	41	59	70
	2.4	44	62	75
	3.2	46	65	80
	4.8	48	68	84
	6.4	50	71	87
7	0.4	24	32	35
	0.8	44	63	75
	1.2	50	71	84
	1.6	53	74	90
	2.4	56	79	95
	3.2	58	82	100
	4.8	60	85	104
	6.4	62	87	108

Taulukko 10.11 PITKÄMATKAISTEN LINJA-AUTOJEN HENKILÖAUTOEKVIVALENTIT KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄI-
SILLÄ TIEOSILLA TAI PITUUSKALTEVILLA OSILLA

PITUUSKALTEVUUS ^a (%)	HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI ^b E_B		
	PALVELUTASOT A ja B	PALVELUTASO C	PALVELUTASOT D ja E (VÄLITYSKYKY)
0-4	2	2	2
5 ^c	4	3	2
6 ^c	7	6	4
7 ^c	12	12	10

^aPituudesta riippumatta.

^bLinja-autojen osuudesta riippumatta.

^cVoidaan tavallisesti käyttää vain yli 800 m pitkällä pituuskaltevilla osilla.

Taulukko 10.12 KUORMA-AUTOISTA JA LINJA-AUTOISTA JOHTUVAT KORJAUSKERTOIMET^a KAKSIKAISTAISTEN TEIDEN YKSITTÄISILLÄ TIEOSILLA TAI PITUUSKALTEVILLA OSILLA (KERTOIMISSA OTETTU HUOMIOON SEKÄ HENKILÖAUTOEKVIVALENTTI ETTÄ KUORMA- TAI LINJA-AUTOJEN OSUUS)^b

HENKILÖAU- TOEKVIVA- LENTTI E_T TAI E_B^c	KUORMA-AUTOISTA JOHTUVA KORJAUSKERROIN T_C TAI T_L (LINJA-AUTOILLA B_C TAI B_L) ^d														
	KUORMA-AUTOJEN OSUUS PROSENTEISSA P_T (LINJA-AUTOILLA P_B)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
2	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83
3	0.98	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71
4	0.97	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63
5	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56
6	0.95	0.91	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50
7	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45
8	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42
9	0.93	0.86	0.81	0.76	0.71	0.68	0.64	0.61	0.58	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38
10	0.92	0.85	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58	0.55	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36
11	0.91	0.83	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56	0.53	0.50	0.45	0.42	0.38	0.36	0.33
12	0.90	0.82	0.75	0.69	0.65	0.60	0.57	0.53	0.50	0.48	0.43	0.39	0.36	0.34	0.31
13	0.89	0.81	0.74	0.68	0.63	0.58	0.54	0.51	0.48	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29
14	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28
15	0.88	0.78	0.70	0.64	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.42	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26
16	0.87	0.77	0.69	0.63	0.57	0.53	0.49	0.45	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.27	0.25
17	0.86	0.76	0.68	0.61	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24
18	0.85	0.75	0.66	0.60	0.54	0.49	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23
19	0.85	0.74	0.65	0.58	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.28	0.26	0.24	0.22
20	0.84	0.72	0.64	0.57	0.51	0.47	0.42	0.40	0.37	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
22	0.83	0.70	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
24	0.81	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18
26	0.80	0.67	0.57	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17
28	0.79	0.65	0.55	0.48	0.43	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
30	0.78	0.63	0.53	0.46	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
35	0.75	0.60	0.49	0.42	0.37	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13
40	0.72	0.56	0.46	0.39	0.34	0.30	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11
45	0.69	0.53	0.43	0.36	0.31	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
50	0.67	0.51	0.40	0.34	0.29	0.25	0.23	0.20	0.18	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09
55	0.65	0.48	0.38	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08
60	0.63	0.46	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
65	0.61	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
70	0.59	0.42	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07
75	0.57	0.40	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
80	0.56	0.39	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06
90	0.53	0.36	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05
100	0.50	0.34	0.25	0.20	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05

^aLaskettu luvussa 5 esitetyillä kaavoilla $100/(100 - P_T + E_T P_T)$ tai $100/(100 - P_B + E_B P_B)$. Prosentti-osuuksien ollessa taulukossa esitettyjä suurempia käytetään tätä kaavaa.

^bKäytetään muutettaessa henkilöautoyksikköinä ilmoitettuja liikennemääriä sekaliikenteeksi. Kertoimien käänteisarvoilla muutetaan sekaliikennemäärät henkilöautoyksiköiksi.

^cSaadaan taulukosta 10.10 tai 10.11.

^dKuorma- ja linja-autoja ei voida käsitellä yhdessä tätä taulukkoa käyttäen, jos linja-autojen erillistarkastelu on tarpeen, koska niiden henkilöautoekvivalentit ovat erilaiset.

liikennevirran kannalta. Koska liikenteenvälityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt voidaan ilmaista vain molempien liikennesuuntien yhteismääränä, on tiettyä nousua tutkittaessa aina otettava huomioon saman kohdan laskuna vastakkaissuuntaiselle liikenteelle aiheuttama vaikutus. Näiden vaikutuksien erityispiirteitä ei kuitenkaan vielä ole voitu selvittää.

Seuraavat yleiset havainnot voidaan tehdä:

1. Loivissa pituuskaltevuuksissa sekä nousuissa että laskussa ajavien kuorma-autojen vaikutukset voidaan olettaa samansuuruisiksi tekemättä suurtakaan virhettä, vaikka kuorma-autojen haittavaikutukset ovat todennäköisesti pienemmät laskussa.
2. Yksittäisissä jyrkissä laskuissa, joissa kuorma-autojen täytyy ajaa pienellä vaihteella turvallisuuden takia, ne yhä selvemmin näyttävät vaikuttavan yhtä haittaavasti kuin vastaavissa nousuissa.
3. Jos kummankin liikennesuunnan liikennemäärät tiedetään erikseen, mutta kuorma-autojen prosenttiosuus tunnetaan vain keskimäärin, voidaan olettaa että sama prosenttiosuus soveltuu yhtä hyvin molempia suuntia käsiteltäessä.

Edellisestä voidaan päätellä, että vain silloin kun pituuskaltevuudet ovat n. 2-4 % tai kuorma-autojen prosenttiosuus on huomattavasti erilainen eri liikennesuunnissa, voidaan yhtä kuorma-autoista johtuvaa korjauskerrointa käyttämällä tehdä laskelmissa merkittävä virhe.

Jos paikalliset havainnot osoittavat, että tällainen virhemahdollisuus on olemassa, ja jos käytävissä olevien tietojen perusteella (erityisesti jos tunnetaan kuorma-autojen keskimääräinen nopeus laskun suunnassa) tällainen tarkennus voidaan tehdä, voidaan kummallekin liikennesuunnalle soveltaa eri suurta kuorma-autokerrointa. Näin meneteltäessä on muistettava, että molempia kuorma-autojen prosenttiosuuksia sovelletaan kokonaisliikennemäärään eikä erillisiin yksisuuntaisiin liikennemääriin. Luvussa 5 esitetyillä menetelmillä voidaan määrittää henkilöautoekvivalentti laskun suuntaiselle liikennevirralle keskimääräisen laskussa havaitun nopeuden perusteella. Esimerkissä 10.5 on esitetty tällaisen kertoimen määrittäminen.

Ramppiliittymät

Monissa rombisissa liittymissä ja niitä vastaavissa ratkaisuisa rampit erkanevat tai liittyvät kaksikaistaiseen, liittymärajoituksettomaa tiehen ja liittymäkulma on joko suora tai lähellä sitä. Tällaiset, usein liikennevaloilla varustetut rampiliittymät toimivat samalla tavoin kuin nor-

maalit katuliittymät, ja ne voidaan siis käsitellä yksinkertaisina katuliittyminä luvussa 6 esitetyin menetelmin.

Neliapilatyypistien tai suoraramppisten liittymien rampit saattavat joissakin tapauksissa liittyä kaksikaistaisiin teihin pienessä kulmassa. Tällaiset liittymät on tutkittava luvussa 8 esitetyillä menetelmillä. Koska kaksikaistaisille teille ei kuitenkaan voida määrittää ajokaistakohtaista välityskykyä, on liikenteen suuntajakautuma jonkin perusolettamuksen avulla otettava huomioon.

Tien geometria

Kaksikaistaisilla teillä geometriasta johtuvat haittavaikutukset saattavat olla huomattavia, koska monilla, jopa eräillä verrattain uusilla teillä geometriset elementit ovat verraten vaatimattomia. Kuten aikaisemminkin, geometrian vaikutukset kuvastuvat keskimääräisessä tienopeudessa. Kaksikaistaisilla teillä geometrian vaikutuksia on tutkittu jossakin määrin yksityiskohtaisestikin, ja sen vaikutukset käyttönopeuksiin ja välitettyihin liikennemääriin sisältyvät suoraan laskelmien perusarvoihin.

Liikenteen katkeamat ja häiriöt

Samoin kuin monikaistaisilla teillä, liikenteen kiinteät katkeamakohdat vaikuttavat negatiivisesti kaksikaistaisen tien toimintaan ja niistä johtuvat vaikutukset on otettava tarkasti huomioon. Samoin kuin monikaistaisen teiden yhteydessä todettiin, eivät satunnaiset liikennevaloin varustetut tasoliittymät vaikuta merkittävästi kaksikaistaisen teiden toimintaan hyvillä palvelutasoilla, koska verraten harvat ajoneuvot joutuvat pysähtymään, ja koska luvussa 6 esitetyillä menetelmillä laskettu liittymän välityskyky on huomattavasti korkeampi kuin ko. palvelutasojen välityskyky. Jos liikennemäärät ovat korkeahkoja tai liittymät sijaitsevat lähellä toisiaan, saattaa niiden vaikutus tulla merkittäväksi.

Liittymärajoituksen puuttuminen ja tien varteen muodostuneet taajamat häiritsevät merkittävästi kaksikaistaisen teiden toimintaa. Joskin joi-takin liittymärajoituksella varustettuja kaksikaistaisia teitä on rakennettu, aiheuttaa tien varrella esiintyvä toiminta häiriöitä lähes kaikilla kaksikaistaisilla teillä. Vaikka häiriöt ovat verraten samanlaisia kuin aikaisemmin monikaistaisen teiden yhteydessä esitettiin, ovat ne todennäköisesti kaksikaistaisilla teillä huomattavasti selvempiä, koska häiriöt vaikuttavat voimakaimmin uloimpiin kaistoihin, jotka ovat kaksikaistaisen tien ainoat ajokaistat.

Jos tiellä esiintyvät liikenteen katkeama- ja häiriökohdat ovat niin lieviä, ettei liikennevaloliittymiä jouduta rakentamaan 1.6 kilometria (1 mi.) lähemmäksi toisiaan eivätkä niistä johtuvat nopeusrajoitukset tai saavutettava ajonopeus ole alle 56 km/h (35 mph), voidaan normaalitapauksessa yleensä käyttää katkeamattoman liikennevirran laskentamenetelmiä. Jos olosuhteet eivät täytä näitä ehtoja, on tie tavallisesti käsiteltävä samoin kuin kaupunkialueiden pääkadut, jotka käsitellään myöhemmin tässä luvussa. Samoin kuin monikaistaisilla teillä, on tässäkin tapauksessa joi-takin poikkeuksia näistä yleissäännöistä, jolloin tutkittavassa kohteessa esiintyvien liikenteenkatkeamien vaikutuksia keskimääräisen ajajan suorituskyykyyn on harkinnan mukaan tutkittava.

Eräs tärkeä seikka on syytä mainita tässä yhteydessä. Hetkellisistä pysähdyksistä, ajoneuvojen rikkoutumisesta, onnettomuuksista ja muista vastaavista seikoista johtuvat liikenteen katkeamat saattavat vaikuttaa kaksikaistaisen tien toimintaan huomattavasti enemmän kuin samanlaiset tapaukset monikaistaisilla teillä, koska ne saattavat pysäyttää toisen tai molempien liikennesuuntien liikenteen huomattavasti helpommin. Tavallisimpien tällaisten, yleensä lyhytaikaisten ja päivittäin esiintyvien häiriöiden keskimääräiset vaikutukset sisältyvät esitettyihin palvelutasotietoihin. Täydellisen tukkeutumisen seuraukset tulisi kuitenkin arvioida tarkasti verrattaessa kaksi- ja nelikaistaisen tien etuja rajatapauksissa.

KAKSIKAISTAISIA TEITÄ KOSKEVAT LASKENTAMENETELMÄT

Luvussa 4 esitetyt yleiset laskentamenetelmät soveltuvat yhtä hyvin kaksikaistaisille kuin monikaistaisille teille. Koska kaksikaistaisen tien toimivuuteen vaikuttaa useita "sisäisiä" tekijöitä ulkoisten häiriöiden lisäksi, ovat tyypillisen kaksikaistaisen tiejakson eri osien ajo-olosuhteet todennäköisesti merkittävästi erilaiset. Täten on siis tässäkin tapauksessa kehitettävä menetelmät, joilla voidaan määrittää sekä yksittäisten tieosien toimintaolosuhteet että pitkänkön, näistä tieosista muodostuneen tiejakson keskimääräinen toimivuus.

Ominaisuuksiltaan muuttumattomat kaksikaistaiset tieosat

Samoin kuin aikaisemmin käsiteltyjen korkealuokkaisen teiden yhteydessä, käyttösuhte on myös kaksikaistaisilla teillä perussuure, joka yhdessä käyttönopeuden kanssa määrittelee palvelutasot. Koska tällaisilla teillä on otettava huomioon ohitusnäkemien prosenttiosuus tieosan

pituudesta, ja koska keskimääräiset tienopeudet saattavat vaihdella huomattavasti, muodostuu kaksikaistaisen teiden perusarvoja kuvaava taulukko 10.7 monimutkaisemmaksi kuin vastaavat, korkealuokkaisempia teitä koskevat taulukot. Tällöin graafiset kuvaajat ovat usein käyttökelpoisia, joskaan yhdessä kuvaajassa ei voida esittää kaikkiin olosuhteisiin sopivia laskentaperusteita. Tämän vuoksi on määritetty useita kuvaajia, jotka esittävät käyttösuhteen ja käyttönopeuden välisen riippuvuuden erilaisilla tietyyypeillä. Nämä kuvaajat on esitetty kuvissa 10.2a ... 10.2f.

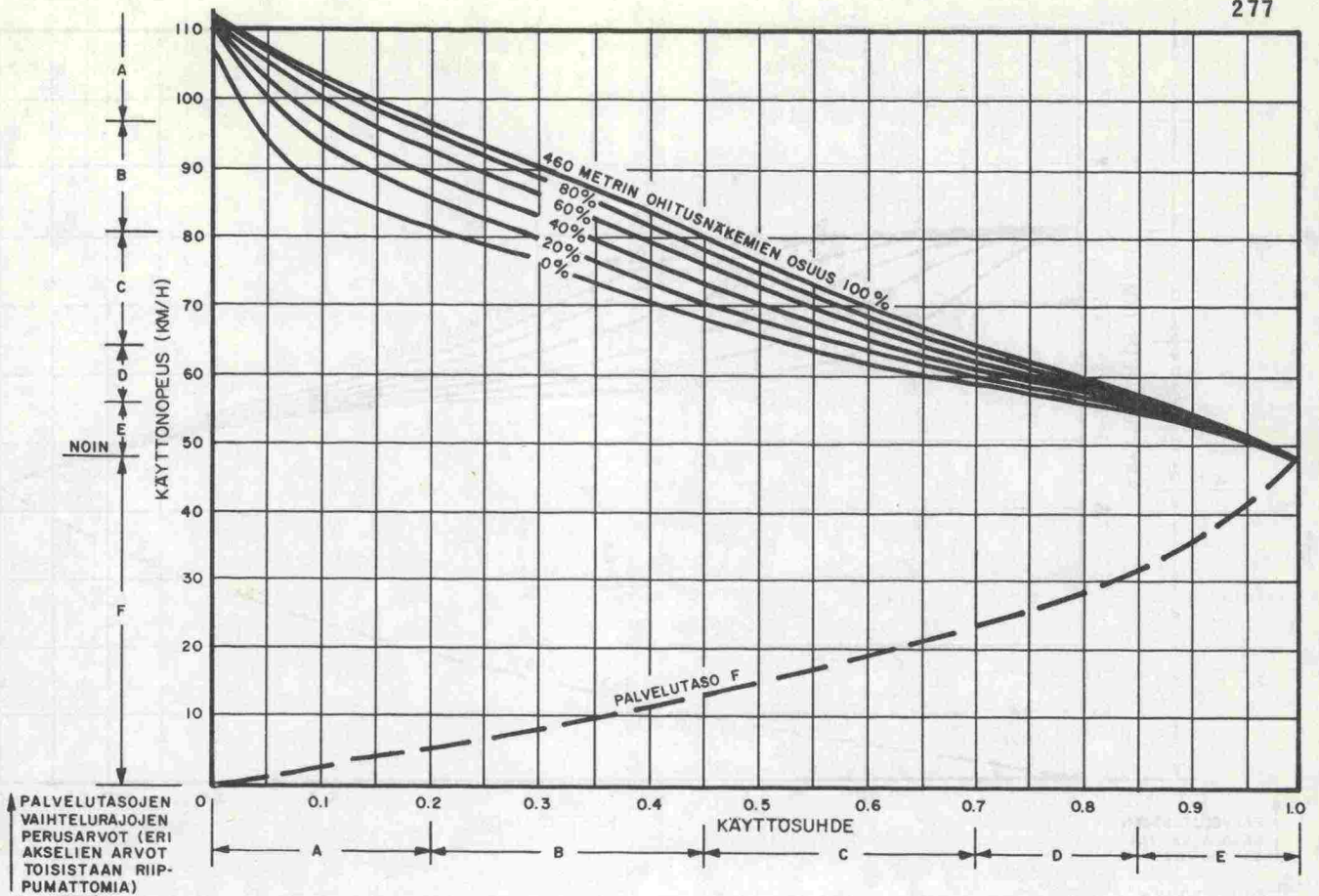
Kukin kuvaaja vastaa tiettyä keskimääräistä tienopeutta ja kattaa kaikki mahdolliset ohitusnäkemien prosenttiosuudet. Täten siis käsiteltävään tehtävään sopiva kuvaaja valitaan keskimääräisen tienopeuden perusteella.

Palvelutasojen rajoja osoittavat käyttösuhteen ja käyttönopeuden arvot on esitetty kuvassa 10.2a, jossa on esitetty ihanneolosuhteita vastaava tapaus. Muissa kuvaajissa on esitetty vain käyttönopeuden arvot, koska se on määräävä suure. On huomattava, että palvelutason E likimääräistä rajaa vastaava arvo vaihtelee eri kuvaajissa, ja saattaa olla vain noin 40 km/h (25 mph) heikoimmissa geometrisissa olosuhteissa.

Kaksikaistaisen teiden liikenteenvälityskyvyn, palvelutasojen välityskyvyn sekä palvelutasojen määrittämismenetelmät ja niihin liittyvät laskelmat ovat periaatteessa samanlaisia kuin monikaistaisia teitä käsiteltäessä esitettiin. Palvelutasojen määrittäminen ja siihen liittyvät tehtävät ovat kuitenkin jonkin verran monimutkaisempia, koska lisätekijöinä on otettava huomioon käytettävissä olevien ohitusnäkemien osuus sekä heikkojen geometrinen olosuhteiden suurempi todennäköisyys. Vastaavasti toisaalta eri palvelutasoja ja toisaalta välityskyvää vastaavat korjauskertoimet ovat kaksikaistaisilla teillä useammin eri suuria kuin aikaisemmin käsitellyillä teillä. Laskentamenetelmät ovat seuraavat.

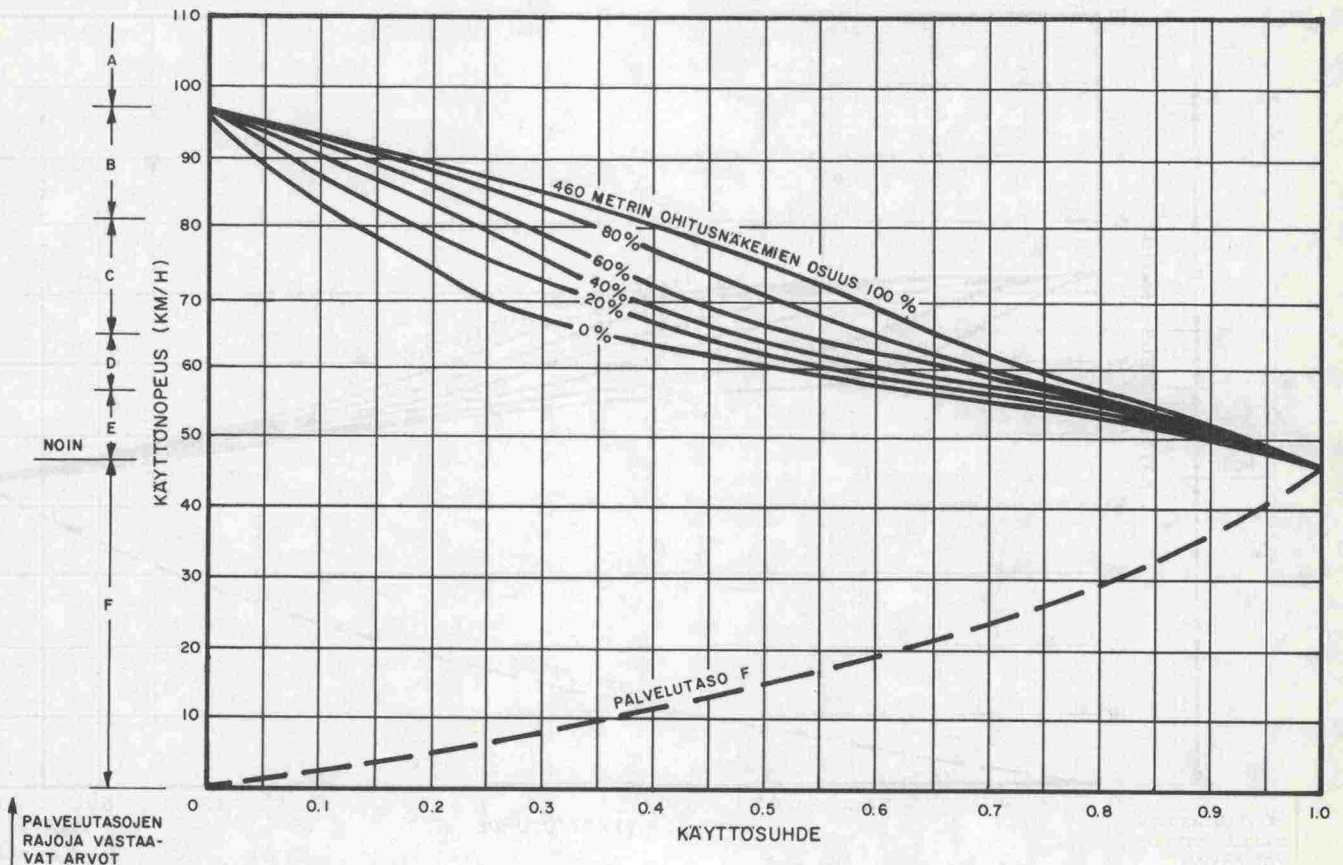
Välityskyky (yhteensä molempiin suuntiin) vallitsevissa olosuhteissa

Määritetään suoraan kaikkia tietyypejä koskevilla perusmenetelmillä. Tässä tapauksessa kerrotaan molempien suuntien yhteenlaskettu välityskyky 2000 hay/h asianmukaisilla korjauskertoimilla, kuten esim. ajokaistojen leveydestä ja sivusteista, pientareista ja kuorma-autojen osuudesta johdettavilla kertoimilla. Pitkämatakat linjat otetaan huomioon erikseen, jos niiden määrä on suuri tai pituuskaltevuudet jyrkkiä. Jos välityskyky ja palvelutasojen välityskykyä vastaavat korjauskertoimet ovat erilaiset, on käytettävä kokonaisvälityskykyä vastaavaa kerrointa. (Ohi-



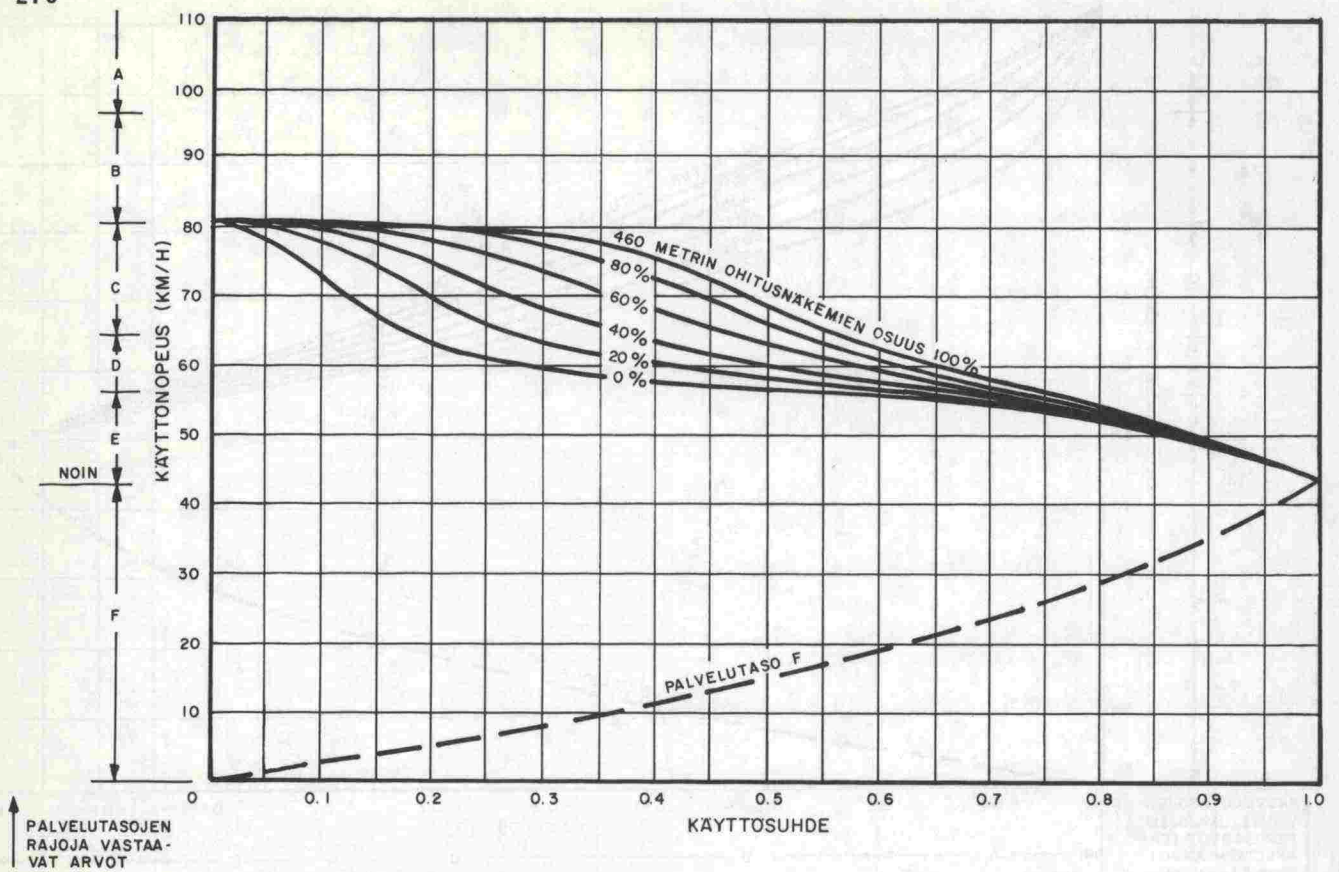
Kuva 10.2a

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 112 km/h.



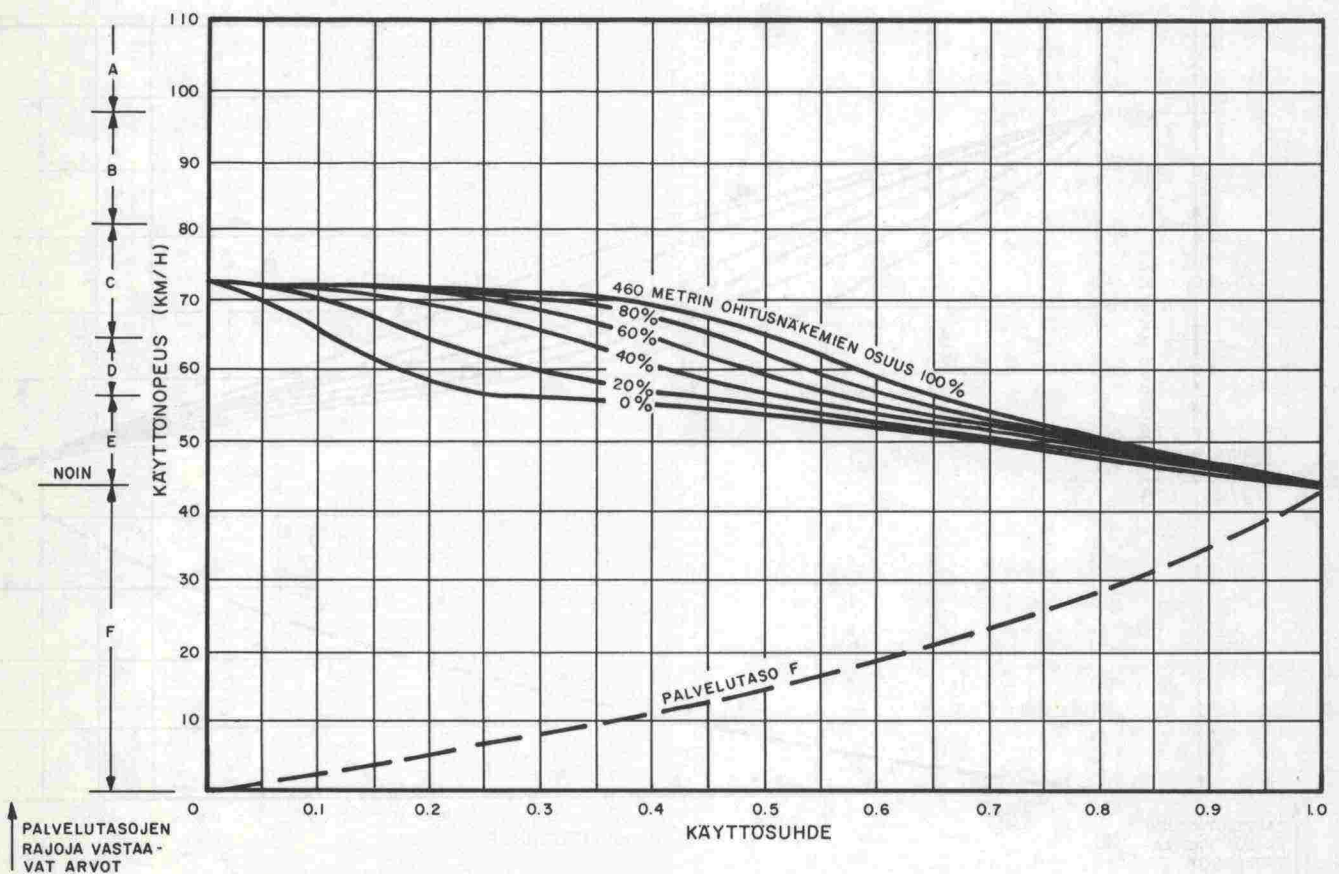
Kuva 10.2b

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 96 km/h.



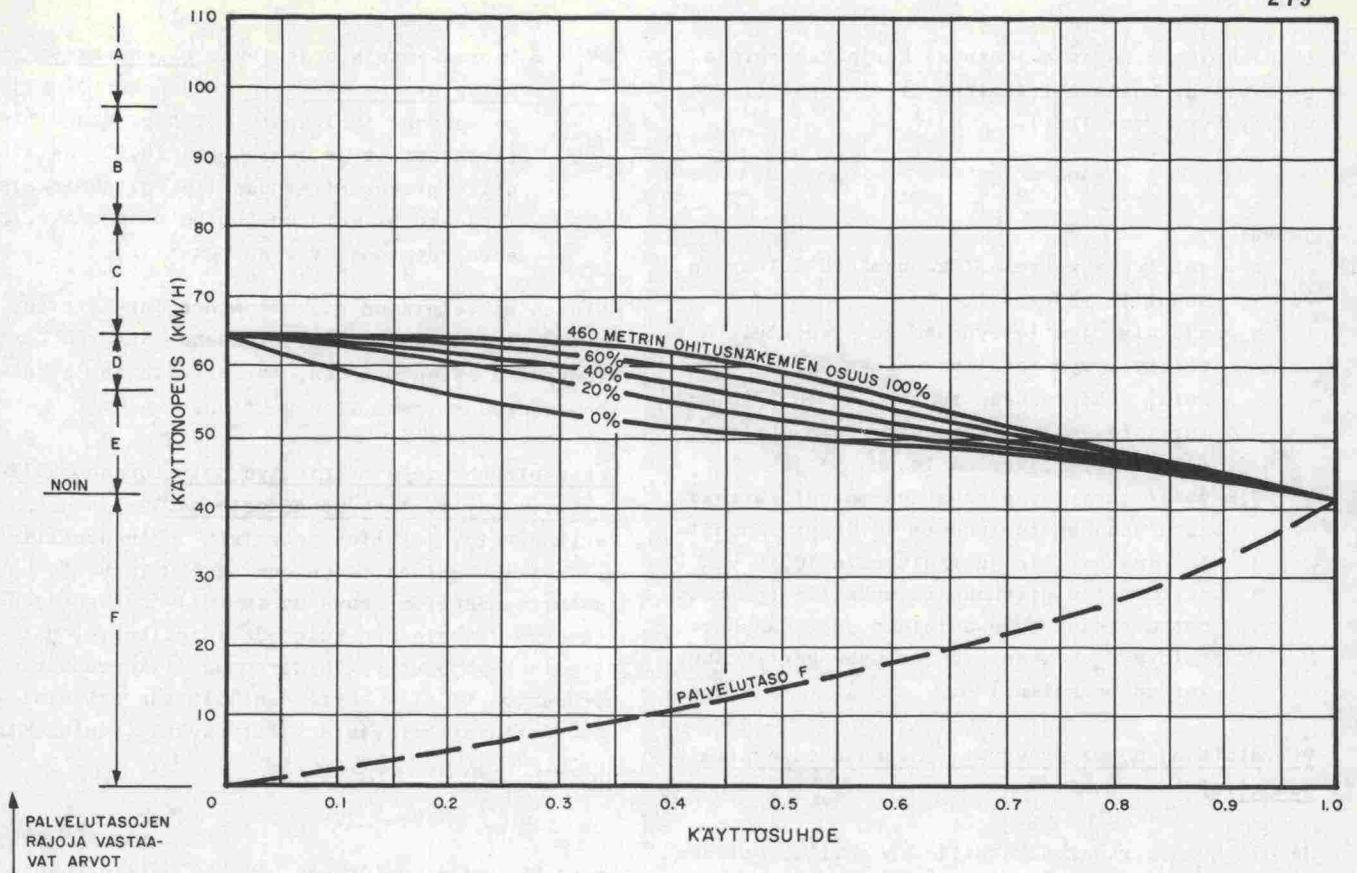
Kuva 10.2c

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 80 km/h.



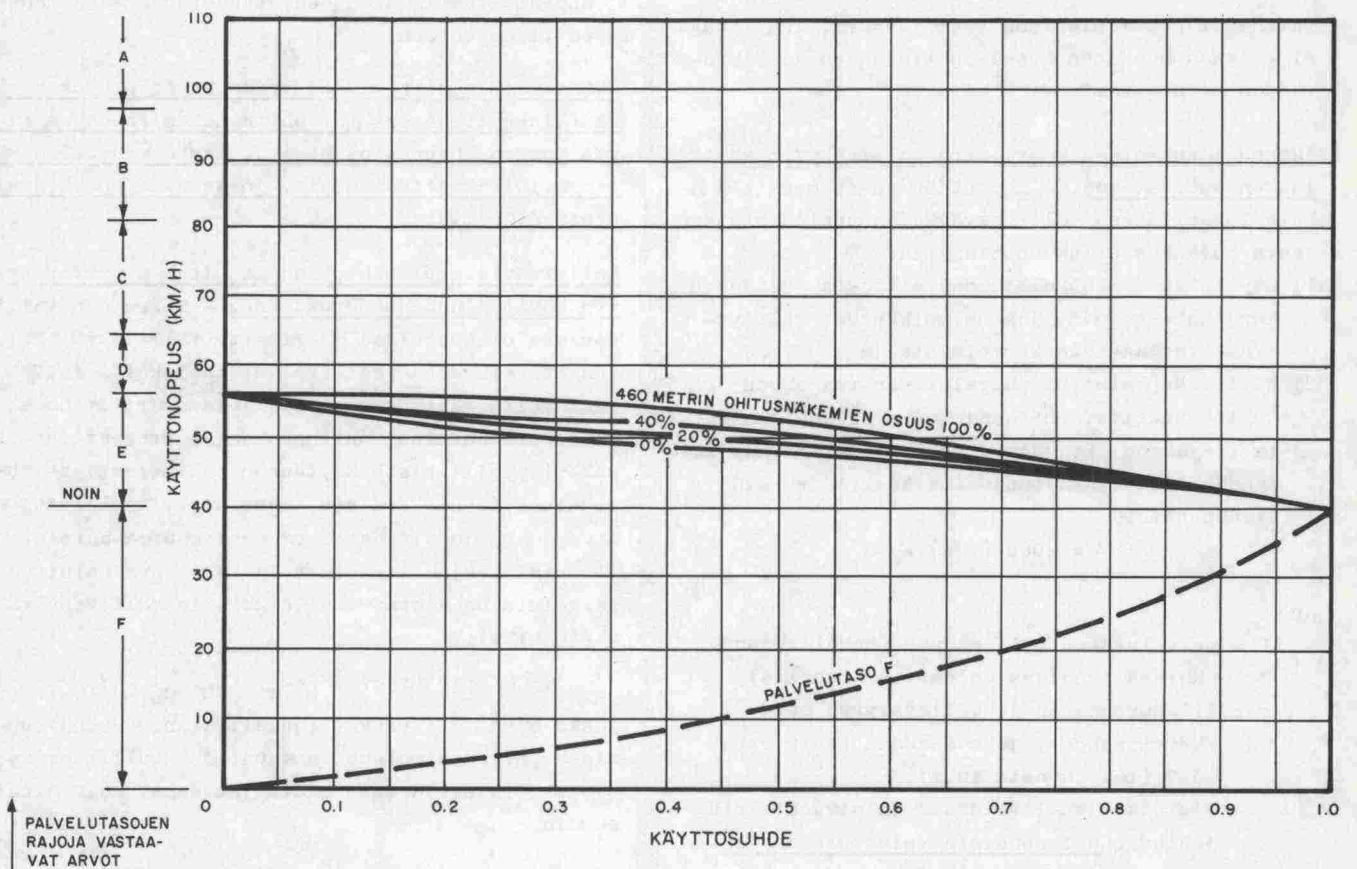
Kuva 10.2d

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 72 km/h.



Kuva 10.2e

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 64 km/h.



Kuva 10.2f

Käyttösuhteen ja käyttönopeuden välinen riippuvuus kaksikaistaisten, maaseudulla sijaitsevien teiden molemmilla liikennesuunnilla katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa, kun keskimääräinen tienopeus on 56 km/h.

tusnäkemien osuudesta johtuvaa korjauskerrointa ei käytetä, koska ohittaminen ei ole mahdollista välityskyvyn tasolla.)

$$c = 2000 W_c T_c$$

jossa

c = välityskyky (sekaliikennemäärä molempiin suuntiin yhteensä),

W_c = ajokaistojen leveydestä ja sivusteista välityskyvyn tasolla johtuva korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.8 (pien-tareista johtuva korjauskerroin saattaa olla tarpeen, vertaa lukuun 5) ja

T_c = välityskykyä vastaava kuorma-autokerroin, joka saadaan taulukosta 10.9b pitkäköille tiejaksoille ja taulukosta 10.12 yksittäisille pituuskaltevuuksille (pitkamatkaisista linja-autoista johtuvaa kerrointa B_c voidaan joutua myös käyttämään, vertaa tekstiin.)

Palvelutasojen välityskyvyt (yhteensä molempiin suuntiin)

Samoin kuin korkealuokkaisillakin teillä, voidaan tietyn palvelutason välityskyky määrittää usealla eri tavalla. Laskemistavan valinta riippuu saatavissa olevista tiedoista. Sovellettavasta menetelmästä riippumatta on tärkeää, että kuvan 10.2 avulla tarkistetaan, että laskelmilla saadut liikennemäärän ja käyttönopeuden arvot toteuttavat halutun palvelutason edellytykset, kun lisäksi otetaan huomioon kyseisen tiejakson keskimääräinen tienopeus.

Ihanteolosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. - Käytetään samaa menetelmää kuin laskettaessa välityskykyä ihanteolosuhteissa kahta poikkeusta lukuunottamatta:

- 1) Käytetään asianomaista palvelutasoa vastaavia korjauskertoimia, jos ne poikkeavat välityskykyä vastaavista kertoimista ja
- 2) käytetään haluttua palvelutasoa vastaavaa käyttösuhdetta, ohitusnäkemien prosenttiosuutta tiejakson pituudesta sekä (tavallisissa käytännön tehtävissä) tunnettua keskimääräistä tienopeutta.

$$SV = 2000 (v/c) W_L T_L$$

jossa

SV = palvelutason välityskyky (sekaliikennemääränä tunnissa molempiin suuntiin),

v/c = liikennemäärän ja välityskyvyn suhde (käyttösuhte), joka saadaan taulukosta 10.7 (tai kuvasta 10.2),

W_L = ajokaistojen leveydestä ja sivusteista johtuva, asianomaista palvelutasoa vastaava korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.8 (pien-tareista johtuva korjauskerroin saattaa olla tarpeen, vertaa lukuun 5) ja

T_L = kuorma-autoista johtuva, asianomaista palvelutasoa vastaava korjauskerroin, joka saadaan taulukosta 10.9b pitkäköille tiejaksoille ja taulukosta 10.12 yksittäisille pituuskaltevuuksille (pitkamatkaiset linja-autot voidaan joutua ottamaan erikseen huomioon, vertaa tekstiin).

Halutun palvelutason saavuttaminen tarkistetaan vertaamalla kuvasta 10.2 tuloksena saatavaa käytönnopeutta asianomaiseen, tarkasteltavan tiejakson keskimääräiseen tienopeuteen.

Ihanteolosuhteissa määritetyn palvelutason välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. - (Voidaan käyttää vain, jos tien geometria on ihanteellinen, eli keskimääräinen tienopeus on 112 km/h (70 mph) ja ohitusnäkemien osuus on 100 %.) Laskentamenetelmä on samanlainen kuin edellä esitetty, paitsi että käyttösuhteella kerrotun liikennemäärän perusarvon tilalla käytetään haluttua palvelutasoa vastaavaa korkeinta välityskykyä (taulukosta 10.7).

$$SV = MSV W_L T_L$$

jossa MSV on palvelutason korkein välityskyky henkilöautoyksikköinä tunnissa (sadaan taulukosta 10.7). SV , W_L ja T_L ovat samat kuin aikaisemmin.

Tarkistetaan halutun palvelutason saavuttaminen vertaamalla kuvasta 10.2 tuloksena saatavaa käytönnopeutta asianmukaiseen, tunnettuun keskimääräiseen tienopeuteen.

HUOM: Tätä menetelmää ei voida käyttää, jos keskimääräinen tienopeus tai ohitusnäkemien osuus eivät vastaa ihanteolosuhteita, koska menetelmässä ei käytetä käyttösuhdetta, jolla nämä poikkeamat otetaan huomioon.

Vallitsevissa olosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena. - Kerrotaan vallitsevissa olosuhteissa määritetty välityskyky haluttua palvelutasoa vastaavalla, taulukosta 10.7 saatavalla käyttösuhteella, jota määritettäessä on otettu huomioon ohitusnäkemien prosenttiosuus sekä (tyypillisissä käytännön tehtävissä) asianmukainen keskimääräinen tienopeus. Ajokaistojen leveydestä ja sivusteista sekä kuorma-autoista johtuvat korjauskertoimet on valittava haluttua palvelutasoa vastaaviksi eikä siis välityskykyä vastaaviksi.

$$SV = c (v/c) (W_L/W_c) (T_L/T_c)$$

jossa c on välityskyky (sekaliikennemääränä tunnissa yhteensä molempiin suuntiin) vallitsevissa olosuhteissa, ja muut muuttujat samat kuin aikaisemmin.

Tarkistetaan halutun palvelutason saavuttaminen vertaamalla kuvasta 10.2 tuloksena saatavaa käytönnopeutta asianmukaiseen, tunnettuun keskimääräiseen tienopeuteen.

Palvelutasorajojen käyttö laskentaperusteena. - Kun kaksikaistaisia teitä suunniteltaessa haluttu palvelutaso on määrätty etukäteen, saadaan palvelutason välityskyky henkilöautoyksikköinä tunnissa suoraan taulukosta 10.7 edellyttäen, että suunnitelma on geometrialtaan korkealuokkainen ja vallitsevat olosuhteet ovat lähellä ihanteellisia. Hyvin usein suunnitelma ei kuitenkaan vastaa ihanneolosuhteita. Jos keskimääräinen tienopeus, ohitusnäkemien prosenttiosuus tai muut olosuhteet poikkeavat ihanteellisista, voidaan palvelutason rajaa vastaava käyttösuhteen arvo määrittää taulukosta 10.7. Tämän arvon perusteella voidaan palvelutason välityskyky laskea sen jälkeen, kun tien kokonaisvälityskyky on määritetty. (Voidaan käyttää myös asianmukaista, kuvassa 10.2 esitettyä kuvaajaa.)

Aikaisemmin laadittua suunnitelmaa tarkasteltaessa voidaan edellä esitetyllä tavalla saatua käyttösuhdetta verrata suunnitelmassa käytettyyn käyttösuhteeseen, ja päätellä tästä, tyydyttäväkö suunnitelma vaatimukset.

Palvelutaso

Kun liikennemäärä tunnetaan, voidaan kaksikaistaisen tiejakson palvelutaso katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa määrittää likimääräisesti käyttämällä taulukkoa 10.7. Tarkempi määrittely edellyttää kuitenkin tässäkin tapauksessa useita laskentakierroksia, kuten aikaisemmin korkealuokkaisempien teiden yhteydessä esitettiin. Tässä tapauksessa sekä ajokaistojen leveydestä ja sivu-esteistä että kuorma-autojen osuudesta aiheutuvat korjauskertoimet riippuvat tuntemattomasta palvelutasosta.

Laskentavaiheet ovat seuraavat:

- a) Palvelutason määrittämistä varten lasketaan "perusliikennemäärä" samoilla menetelmillä kuin kohdassa "Ihaneolosuhteissa määritetyn välityskyvyn käyttö laskentaperusteena" esitettiin, paitsi ettei käyttösuhdetta sovelleta.

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 W_L T_L$$

- b) Tunnettu liikennemäärä jaetaan edellä saadulla "perusliikennemäärällä", jolloin tuloksena on likimääräinen käyttösuhte. (Tunnettua liikennemäärää ei tarvitse muuttaa henkilöautoyksiköiksi, koska a-kohdassa perusliikennemäärä on muutettu sekaliikenteeksi.)
- c) Määritetään tiellä esiintyvien, vähintään 460 metrin pituisten ohitusnäkemien prosenttiosuus tiejakson pituudesta sekä keskimääräinen tienopeus.
- d) Jos käyttönopeus tunnetaan etukäteen, määritetään palvelutaso taulukon 10.7 (tai asianomaisen kuvassa 10.2 esitetyn kuvaajan) avulla,

joko käyttönopeuden tai käyttösuhteen perusteella riippuen siitä, kumpi on määräävä. Jos käyttönopeutta ei tunneta etukäteen, määritetään se kuvan 10.2 asianmukaiselta kuvaajalta tunnetun keskimääräisen tienopeuden, lasketun käyttösuhteen ja ohitusnäkemien prosenttiosuuden perusteella. Palvelutaso määritetään tämän jälkeen joko käyttönopeuden tai käyttösuhteen perusteella riippuen siitä, kumpi on määräävä.

- e) Suoritetaan laskelmat uudestaan käyttämällä toisia sivu-esteistä ja kuorma-autoista johtuvia korjauskertoimia, jos alkuperäinen oletamus palvelutasosta osoittautui vääräksi.

Kaksikaistaisen tiejakson eri osien tutkiminen yhtenä kokonaisuutena

Kuten aikaisemmin muita tiettyyppejä käsiteltäessä esitettiin, pitkäkhön tiejakson geometriset ja muut olosuhteet vaihtelevat lähes aina. Tämän vuoksi saattaa olla tarpeellista määrittää tiejakson palvelutason painotettu keskiarvo. Edellä tavallisille monikaistaisille teille esitetyt menetelmät soveltuvat yleensä myös kaksikaistaisille teille lukuunottamatta sitä, että tässä yhteydessä käytetään taulukkoa 10.7 sekä kuvassa 10.2 esitettyjä kuvaajia eikä taulukkoa 10.1 tai kuvaa 10.1.

Tässä yhteydessä on kuitenkin korostettava erästä tärkeistä seikkaa. Jos tiejakso on muodostunut osittain kaksikaistaisista ja osittain nelikaistaisista tieosista, ei sen yleisen palvelutason arvoa voida helposti määrittää laskemalla, koska mittasuureet ovat erilaisia näillä tieosilla. Jos tällaisia numeerisesti määritettyjä painotettuja keskiarvoja käytetään, tulisi ne määrittää erikseen näille erityyppisille tieosille. Graafista menetelmää käyttämällä voidaan likimääräinen yleinen palvelutaso määrittää. Myöhemmin lyhyesti käsiteltävät kolmikaistaiset tieosat voidaan tällaisessa tapauksessa yhdistää kaksikaistaisen tieosien kanssa.

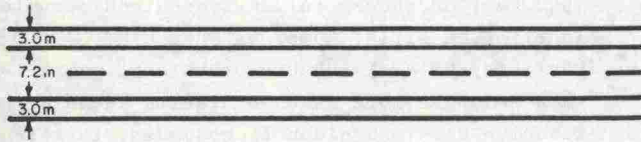
Esimerkkiratkaisuja - kaksikaistaiset tiet

Esimerkki 10.3

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Maaseudulla sijaitseva kaksikaistainen tie, jolla on liittymärajoitus.
- Ajokaistojen leveys 3.6 m.
- Pientareiden leveys 3.0 m.
- Pitkäkhö, tasaisessa maastossa sijaitseva tiejakso.
- Ihanteellinen geometria, keskimääräinen tienopeus 112 km/h.
- Ohitusnäkemien osuus 100 %.
- Kuorma-autojen osuus 5 %.
- Pitkämatkan linja-autojen osuus 1 %.



On määritettävä palvelutasojen B ja E välityskyvyt.

Ratkaisu:

Välityskyky:

$$c = 2000 W_c T_c$$

jossa

$W_c = 1.00$, joka saadaan taulukosta 10.8, kun geometria on ihanteellinen.

$T_c = 0.95$, joka saadaan taulukosta 10.9b, kun kuorma-autojen osuus on 5 % tasaisessa maastossa. (Linja-autot voidaan jättää huomiotta ja käsitellä samoin kuin henkilöautot.)

$c = 2000 \times 1.00 \times 0.95 = 1900$ ajon./h yhteensä molempiin liikennesuuntiin.

Palvelutason B välityskyky:

$$SV_B = 2000 (v/c) W_L T_L$$

jossa

$v/c = 0.45$, joka saadaan taulukosta 10.7 palvelutasolle B ihanneolosuhteissa.

$W_L = 1.00$, joka saadaan taulukosta 10.8.

$T_L = 0.93$, joka saadaan taulukosta 10.9b, kun kuorma-autojen osuus on 5 % tasaisessa maastossa.

$SV_B = 2000 \times 0.45 \times 1.00 \times 0.93 = 837$ ajon./h yhteensä molempiin liikennesuuntiin.

Käytettyjen laskentamenetelmien mukaan käyttönopeusvaatimus toteutuu.

Esimerkki 10.4

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Geometrialtaan epähedullinen kaksikaistainen tie maaseudulla.

Ajokaistojen leveys 3.0 m.

Ei pientareita, sivuesteitä 0.6 metrin päässä ajoradan reunasta toisella puolella, toisella puolella sivuesteitä ei esiinny.

Yksittäinen, 2.4 km pitkä 5 prosentoinen nousu.

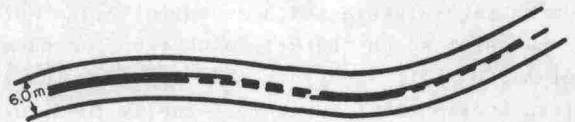
Tien geometria vastaa 80 km/h:n keskimääräistä tienopeutta.

Ohitusnäkemien osuus 40 prosenttia.

Kuorma-autojen osuus 7 prosenttia.

Pitkämatakaisten linja-autojen osuus 3 prosenttia.

On määritettävä palvelutasojen C ja E välityskyvyt.



Ratkaisu:

Välityskyky:

$$c = 2000 W_c T_c B_c$$

jossa

$W_c = 0.75$, joka saadaan taulukosta 10.8, kun ajokaistojen leveys on 3.0 m ja sivuesteitä 0.6 metrin päässä toisella puolella.

T_c : taulukosta 10.10 saadaan välityskyvyn tasolla 2.4 km pituisessa 5 prosentoinen nousu $E_T = 59$. Taulukosta 10.12 saadaan $T_c = 0.19$, kun kuorma-autojen osuus on 7 % ja $E_T = 59$.

B_c : (Koska linja-autoja on verraten paljon jyrkässä nousussa, on erillistarkastelu tarpeen.) Taulukosta 10.11 saadaan $E_B = 2$, kun nousun jyrkkyys on 5 %. Taulukosta 10.12 saadaan $B_c = 0.97$, kun linja-autojen osuus on 3 % ja $E_B = 2$.

$c = 2000 \times 0.75 \times 0.19 \times 0.97 = 276$ ajon./h.

Palvelutason C välityskyky:

$$SV_C = 2000 (v/c) W_L T_L B_L$$

jossa

v/c ("työarvo") = 0.38, kun keskimääräinen tienopeus on 80 km/h ja ohitusnäkemien osuus 40 %.

$W_L = 0.71$, joka saadaan interpoloimalla taulukosta 10.8.

T_L : Taulukosta 10.10 saadaan $E_T = 51$. Taulukosta 10.12 saadaan $T_L = 0.23$.

B_L : Taulukosta 10.11 saadaan $E_B = 3$. Taulukosta 10.12 saadaan $B_L = 0.94$.

$$SV_C = 2000 \times 0.38 \times 0.71 \times 0.23 \times 0.94 = 117 \text{ ajon./h}$$

Käyttösuhteen "työarvo" toteuttaa käyttönopeusvaatimuksen.

Huom: Näin jyrkässä kohdassa kuorma-autojen vaikutuksen voidaan katsoa olevan sama molempiin suuntiin.

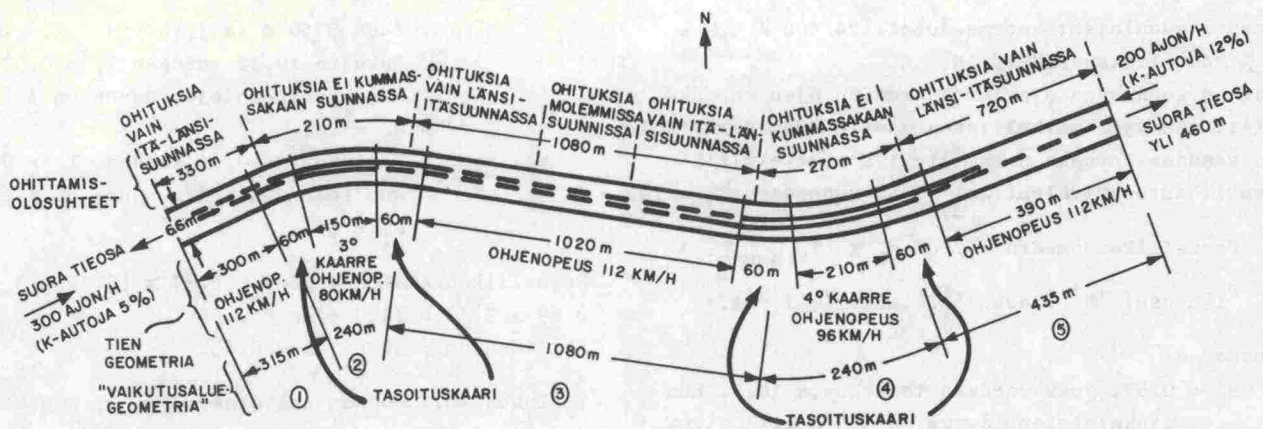
Esimerkki 10.5

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Geometrialtaan keskinkertainen kaksikaistainen tie maaseudulla.

Ajokaistojen leveys 3.0 m.



Päällystettyjen pientareiden leveys 1.8 m, ei sivuesteitä.

Yksittäinen 3 prosentin pituuskaltevuus, jossa nousu lännestä itään. Nousun pituus 2310 m, nousu alkaa kuvan vasemmasta päästä.

Tien geometria osoitettu kuvassa.

Liikennemäärät: Lännestä itään 300 ajon./h, kuorma-autoja 5 % ja idästä länteen 200 ajon./h, kuorma-autoja 12 %.

Linja-autojen osuus mitätön.

On määritettävä:

- Keskimääräinen tienopeus.
- Ohitusnäkemien prosenttiosuus.
- Saavutettava palvelutaso.

Ratkaisu:

a) Keskimääräinen tienopeus:

Käytetään luvussa 5 esitettyä likimääräistä menetelmää, jossa kunkin kaarteiden ja niihin liittyvien tasoituskaarien vaikutusalueen pituuden oletetaan olevan 240 m, jolla matkalla tienopeus vastaa kaarteiden ohjenopeutta kaarteiden pituudesta ja jyrkkyydestä riippumatta. Näin saatavat vaikutusalueet on esitetty kuvassa.

Tieosa	Vaikutusalue	Ohjenopeus
1	315 m	(112 km/h) = 35 300
2	240 m	(80 km/h) = 19 200
3	1080 m	(112 km/h) = 121 000
4	240 m	(96 km/h) = 23 000
5	435 m	(112 km/h) = 48 700
	2310 m	247 200

$247\,200/2310 = 107$ km/h, joka on keskimääräinen tienopeus likimäärin.

b) Ohitusnäkemien prosenttiosuus:

Esimerkkiratkaisun kuvassa on kaksinkertaisella jatkuvalla keskiviivalla merkitty tieosat, joilla ohittaminen kummassakaan liikennesuunnassa ei ohitusnäkemien mukaan ole mahdollista. Käytännön tehtäviä ratkaistaessa tällaiset osuudet määritetään siten, että tutkitaan erikseen kummassakin suunnassa kohdat, joissa näkemä on alle 460 m ajoratamerkinnoista riippumatta.

Länsi-itäsuunnassa esiintyvät 460 metrin ohitusnäkemät:

Tieosa 1	Ei ole
Tieosa 2	Ei ole
Tieosa 3	$1080 - 450 = 630$ m
Tieosa 4	Ei ole
Tieosa 5	420 m
	1050 m

Vastakkaissuunnassa ohitusnäkemien osuus on käytännöllisesti katsoen sama, kuten yleensäkin useimmissa tavallisissa tapauksissa. Vain harvoin liikennesuuntia joudutaan tarkastelemaan erikseen tai määrittelemään niiden keskiarvo.

Ohitusnäkemien prosenttiosuus $1050/2310 = 0.45$ eli 45 %.

c) Palvelutaso:

Palvelutasolle täytyy olettaa jokin arvo, ennenkuin eräitä korjauskertoimia voidaan valita. Koska liikennemäärä on 500 ajon./h ja kuorma-autojen osuus on huomattava suhteellisen pitkällä pituuskaltevalla tiejaksolla, voidaan muissa tehtävissä saatujen kokemusten perusteella olettaa, että palvelutaso todennäköisesti on joko C tai D. Valitaan korjauskertoimet palvelutason D mukaan ensimmäistä laskentakierrosta varten.

Ajokaistojen leveydeksi voidaan laskelmissa ottaa 3.3 m (luvun 5 mukaan alle 3.6 metriä leveät ajokaistat voidaan olettaa 0.3 m leveämmiksi, jos päällystetty piennar on vähintään 1.2 m leveä).

Tehtävässä pituuskaltevuus on keskinkertaista luokkaa, ja kuorma-autojen osuudet ovat erilaiset vastakkaisissa liikennesuunnissa. Käytettävissä olevien tietojen perusteella voidaan laskenta suorittaa erikseen nousun ja laskun osalta. Nousun suuntaan on kuorma-autoja $(5/100) \times 300 = 15$. Laskun suuntaan on kuorma-autoja $(12/100) \times 200 = 24$. Nousun suuntaiset kuorma-autot: $15/500 = 3$ % koko liikennemäärästä.

Laskun suuntaiset kuorma-autot: $24/500 = 4.8 = 5\%$ koko liikennemäärästä.

Laskun suunnassa ajavien kuorma-autojen nopeuksista tehtyjen paikallisten havaintojen perusteella saadaan luvussa 5 esitetyillä menetelmillä henkilöautoekvivalentiksi tässä suunnassa $E_T = 10$.

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 W_L \times (T_{L(\text{nousu})} \times P_{T(\text{nousu})} + T_{L(\text{lasku})} \times P_{T(\text{lasku})}) / P_{T(\text{yht.})}$$

jossa

$W_L = 0.87$, joka saadaan taulukosta 10.8, kun ajokaistojen leveys on 3.3 m eikä sivuesteitä esiinny palvelutasolla D.

$T_{L(\text{nousu})}$: Taulukosta 10.10 palvelutasolla D saadaan $E_T = 26$, kun kuorma-autojen osuus on 3 %, pituuskaltevuuden pi-

tuus 2310 m ja jyrkkyys 3 %. Taulukosta 10.12 saadaan $T_L = 0.57$, kun kuorma-autojen osuus on 3 % ja $E_T = 26$.

$T_{L(\text{lasku})}$: Taulukosta 10.12 saadaan $T_L = 0.96$, kun kuorma-autojen osuus on 5 % ja $E_T = 10$.

$$\text{Perusliikennemäärä} = 2000 \times 0.87 \times (0.57 \times 3 + 0.96 \times 5) / 8 = 1122 \text{ ajon./h.}$$

$$\text{Käyttösuhde} = 500/1122 = 0.45.$$

Taulukon 10.7 mukaan palvelutaso on C, kun keskimääräinen tienopeus on 107 km/h ja ohitusnäkemien osuus 45 %. Alussa tehty palvelutaso-olettaus oli väärä, joten laskelmat suoritetaan uudestaan palvelutason C mukaan.

KOLMIKAISTAISET TIET

Kolmikaistaisien teiden rakentamisesta on Yhdysvalloissa nykyisin luovuttu lähes kokonaan liikenneturvallisuussyistä sekä sen vuoksi, ettei kolmikaistainen tie muodosta loogista välivaihetta nelikaistaisen kaksiajorataisen tien vaiheittain rakentamisessa. Joitakin tällaisia teitä on kuitenkin edelleen käytössä. Vaikka tässä tekstiosassa ei näitä teitä käsitellä yksityiskohtaisesti, lienee kolmikaistaisien teiden ominaisuuksien lyhyt käsittely kuitenkin tarpeen.

Kolmikaistaisien teiden toiminnalliset perusominaisuudet ovat samankaltaiset kuin kaksikaistaisilla teillä. Käytännön tapauksissa liikenteen suuntajakautuma ei ole merkitsevä ajo-olosuhteita määrävä tekijä, vaikka sen vaikutuksia joissakin tapauksissa voidaan havaita. Täten tien liikenteenvälityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt on määritelty molempien liikennesuuntien yhteisliikennemäärinä.

Kolmikaistaisia teitä on tutkittu varsin vähän viime aikoina. Tämän vuoksi joudutaan tässä yhteydessä toistamaan tämän kirjan ensimmäisessä laitoksessa esitetyt tärkeimmät johtopäätökset, koska niiden voidaan katsoa olevan käytettävistä tiedoista käyttökelpoisimpia.

1. Kolmikaistaisen tien kaikissa kohdissa vain verraten harvat ajoneuvot käyttävät keskimääräistä ajokaistaa. Korkein tällä ajokaistalla esiintyvä liikennemäärä on noin 300 ajon./h kokonaisliikennemäärästä riippumatta, jos enintään 70 % kokonaisliikenteestä ajaa yhteen liikennesuuntaan.

2. Vaikka uloimmilla ajokaistoilla ajoneuvojen keskimääräiset nopeudet alenevat selvästi liikennemäärän kasvaessa, eivät keskimääräistä ajokaistaa käyttävien ajoneuvojen nopeudet alene.
3. Mikäli yhden liikennesuunnan tuntiliikennemäärä on alle 70 % kokonaisliikenteestä, molempiin suuntiin ajavat ajoneuvot käyttävät keskimääräistä ajokaistaa.
4. Kaikkien ajoneuvojen keskimääräinen nopeus ja kolmikaistaisen tien välityskyky ovat jonkin verran korkeampia liikenteen ollessa jakautunut tasaisesti molempiin suuntiin kuin vähintään 2/3 liikenteestä ajaessa yhteen suuntaan.
5. Tieosilla, joilla ei ole ohitusnäkemää, on keskimääräisen ajokaistan käyttäminen ohituksiin vaarallista, ja näinollen kolmikaistainen tie kykenee tällaisissa kohdissa käytännössä välittämään vain kahta ajokaistaa vastaavan liikennemäärän.
6. Kolmikaistainen tie, jolla on vain yksikin tieosa, jolla ei ole ohitusnäkemää, ei voi välittää yhteen liikennesuuntaan enempää kuin yhden ajokaistan maksimiliikennemäärän eli 2000 hay/h ihanneolosuhteissa.

Edellisten kohtien perusteella kolmikaistaisen tien välityskyky ihanneolosuhteissa on noin 4000 hay/h yhteensä molempiin suuntiin, jossa tilanteessa käyttönopeudet ovat noin 48 km/h (30 mph). Jos halutaan saavuttaa palvelutaso C, ovat käyttönopeudet keskimäärin n. 64 km/h (40 mph) ja molempien suuntien kokonaisliikennemäärä

ihanneolosuhteissa 2000 hay/h. Palvelutasoa B vastaava 80 km/h:n käyttönopeus voidaan saavuttaa vain silloin, kun molempien suuntien kokonaisliikennemäärä ihanneolosuhteissa on enintään 1500 hay/h.

Kolmikaistaisilla teillä olosuhteet ovat kuitenkin harvoin ihanteellisia. Yleisesti voidaan todeta, että edellä kaksikaistaisten teiden yhteydessä selostettuja korjauskertoimia ja laskentamenetelmiä voidaan soveltaa edellä esitettyyn ihanteelliseen välityskykyyn ja palvelutasojen välityskykyihin. Tällöin on otettava huomioon myös ohitusnäkemien prosenttiosuus, sillä vaikka jatkuva

ohituskaista on olemassa, ei sitä voida käyttää turvallisesti ohitusnäkemän puuttuessa.

Nykyisin monilla esikaupunki- tai kaupunkialueilla olevilla kolmikaistaisilla teillä käytetään erilaisia liikenteen ohjaus menetelmiä. Keskimääräinen ajokaista voidaan esimerkiksi osoittaa yksinomaan ruuhkaliikenteen suuntaiseen käyttöön ajokaistojen käyttöä ohjaavilla laitteilla tai se voidaan varata vain vasempaan kääntyville ajoneuvoille. Edellä esitetyt välityskykyjen yleiset perusarvot eivät sovellu tällaisiin erikoisratkaisuihin, jotka on aina tutkittava paikallisten havaintojen perusteella.

KAUPUNKI- JA ESIKAUPUNKIALUEIDEN PÄÄKADUT

Tämän luvun aikaisemmissa osissa on käsitelty pääasiassa maaseudulla sijaitsevia teitä, joilla liikenteen kiinteitä katkeamia on harvoin, ja ajonopeudet ovat verraten korkeita häiriytymättömän liikennevirran olosuhteissa. Suuri osa teistä sijaitsee kuitenkin kaupunkimaisessa tai esikaupunkiympäristössä, missä teihin liittyvistä rakennetuista alueista johtuen liikenteen toimintaa on säädeltävä liikennevaloin varustetuilla liittymillä ja/tai alhaisilla, tien geometriasta riippuvilla nopeusrajoituksilla. Tällaisten teiden tutkiminen on yhtä tärkeätä kuin aikaisemmin käsiteltyjen teiden. Tässä kirjassa kaupunki- ja esikaupunkialueiden pääkadut on määriteltä tärkeiksi liikekeskustan ulkopuolella sijaitseviksi huomattaviksi kaduiksi tai teiksi, joilla joko

- 1) liikennevaloin varustettujen liittymien välimatkat ovat keskimäärin alle 1.6 km (1 mi.) tai
- 2) tien varteen muodostuneista rakennetuista alueista johtuvien häiriöiden vuoksi nopeusrajoitukset ovat enintään 56 km/h (35 mph).

Liikekeskustojen tärkeimmät kadut käsitellään erikseen myöhemmin tässä luvussa.

PALVELUTASOT

Kaupunki- tai esikaupunkialueiden tieverkoissa esiintyvien erilaisten häiriökohtien välityskyvyn tutkimus- ja parantamismenetelmät ovat liikennesuunnittelijoille varsin tuttuja ja niitä on käytetty laajasti. Kaupunkialueilla sijaitsevia pitkäköjiä tiejaksoja koskevia välityskyvyn määrittämismenetelmiä ei kuitenkaan ole kehitetty kovin yleisesti.

Liikenteen katkeamakohdat, kuten esim. liittymät, ovat tieosien tarkoitukse mukaisia päätepisteitä. Tämän vuoksi on kaupunkialueiden teiden välitysky-

kyä yleisesti mitattu liittymien tulohaarojen välityskyvyn perusteella. Jos kuitenkin pyritään selvittämään pitkäköön tiejakson yleistä palvelutasoa, tuntuu epärealistiselta, että sitä tutkitaisiin pelkästään erillisiä liittymiä tarkastelemalla. Tällainen menetelmä ei myöskään ole yhdenmukainen aikaisemmin tässä luvussa esitettyjen, muita tietyyppisiä koskevien menetelmien kanssa.

Tämän vuoksi pyritään tässä käsikirjassa määrittelemään sekä kaupunki- että esikaupunkialueiden pääkatujen palvelutasot verraten pitkällä katujaksoilla. Ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan kunkin mahdollisen häiriökohdan, useimmiten mutta ei välttämättä liittymän, vaikutukset sekä se, onko tällainen kohta koko tarkasteltavan tiejakson liikenteen toimivuutta hallitseva tekijä. Tämän jälkeen tutkitaan koko katujaksoa ja pyritään määrittelemään palvelutasojen ja välityskyvyn väliset riippuvuudet. Näiden kahden vaiheen perusteella voidaan määrittää tietä käyttävien ajoneuvojen todelliset ajo-olosuhteet.

Kuten luvussa 4 esitettiin, käytetään kaupunkialueiden pääkatuja tarkasteltaessa nopeuden mitana keskimatkanopeutta eikä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa käytettyä käyttönopeutta. Tämä tutkimusmenetelmien muunnos johtuu siitä, että käyttönopeuden määrittäminen on vaikeata olosuhteissa, joissa on monia satunnaisia liikenteen katkeamia, ja koko tiejakson keskimatkanopeus voidaan taas arvioida varsin helposti.

Jos liikennemäärät ovat verraten alhaisia, kaupunkialueiden pääkatujen korkeimmat matkanopeudet riippuvat esimerkiksi nopeusrajoituksista, korttelien keskiosilla esiintyvistä häiriöistä, liikennevalottomissa liittymissä tai liikennevaloin

varustetuissa liittymissä vihreän vaiheen aikana esiintyvistä liittymävastuksesta sekä punaisten liikennevalovaiheiden kestosta ja liikennevaloin varustettujen liittymien lukumäärästä. Liikennemäärien kasvaessa ajoneuvojen toisilleen aiheuttamat häiriöt alentavat saavutettavissa olevia nopeuksia yhä voimakkaammin. Tien geometria vaikuttaa suhteellisen vähän lukuunottamatta sellaisia selviä tapauksia kuin jyrkkiä mutkia, vinokulmaisia tunneleita tai muita ilmeisiä häiriökohtia, joista johtuen keskimääräistä tienopeutta ei voida määrittää. Kaupunkialueiden pääkaduilla nopeuden ja liikennemäärän väliset riippuvuudet ovat selvästi erilaisia kuin teillä, joilla yleensä vallitsee katkeamaton liikennevirta.

Kaupunkialueen pääkaduille ei voida laatia "tyypillistä", nopeuden ja liikennemäärän välistä riippuvuutta osoittavaa käyrää, joka vastaisi ihanneolosuhteissa havaittuja todellisia liikennemääriä samalla tavoin kuin luvussa 3 esitettiin aikaisemmin käsiteltyjen tietyyppien osalta. Katkaistussa liikennevirrassa ei ihanneolosuhteita voida juuri määrittää, koska olosuhteet riippuvat liian monista tekijöistä. Lisäksi jotkut näiden tekijöiden yhdistelmät, jotka jossakin tapauksessa ovat ihanteellisia, saattavat toisissa tapauksissa olla täysin soveltamiskelvottomia. Kaupunkialueiden pääkatujen toimintaa ei myöskään voida kuvata yhdellä nopeuden ja käyttösuhteen välistä riippuvuutta osoittavalla käyrällä tai edes käyräparvella, kuten muita tietyyppisiä käsiteltäessä tehtiin. Pääkatujen osalta voidaan esittää vain esimerkinomaisia kuvaajia.

Kuvassa 10.3 on esitetty kaksi tällaista keskimatkanopeutta ja käyttösuhdetta koskevaa käyrää, joista toinen (käyrä I) edustaa ehkä maksiminopeuksia ja toinen (käyrä II) keskimääräisiä, tavallisilla kaupunkialueiden pääkaduilla eri käyttösuhteen arvoilla esiintyviä keskimatkanopeuksia.

Käyrä I vastaa lähes katkeamattoman liikennevirran olosuhteita, joita esiintyy liikennevaloin varustamattomilla esikaupunkialueiden pääkaduilla nopeusrajoituksen ollessa 56 km/h (35 mph) tai liikennevaloin varustetuilla kaupunkialueiden pääkaduilla, joiden liikennevalojen progressio on verraten hyvä ja punaisesta liikennevalosta johtuvat pysähdykset suhteellisen harvinaisia. Häiriytymättömän liikennevirran nopeus vastaa suunnilleen käytettyä nopeusrajoitusta ja alhaisilla liikennemäärillä keskimatkanopeudet ovat vain hieman alhaisempia.

Käyrä II vastaa tyypillisiä katkaistun liikennevirran olosuhteita. Tällaisissa olosuhteissa liikennevalojen välinen etäisyys on yleensä enintään 800 m (0.5 mi.), eivätkä ne kuulu progressiiviseen järjestelmään, ts. ajoneuvot saapuvat kuhunkin liittymään ainakin lähes satunnaisesti. Häiriytymätöntä liikennevirtaa vastaavat nopeudet voi-

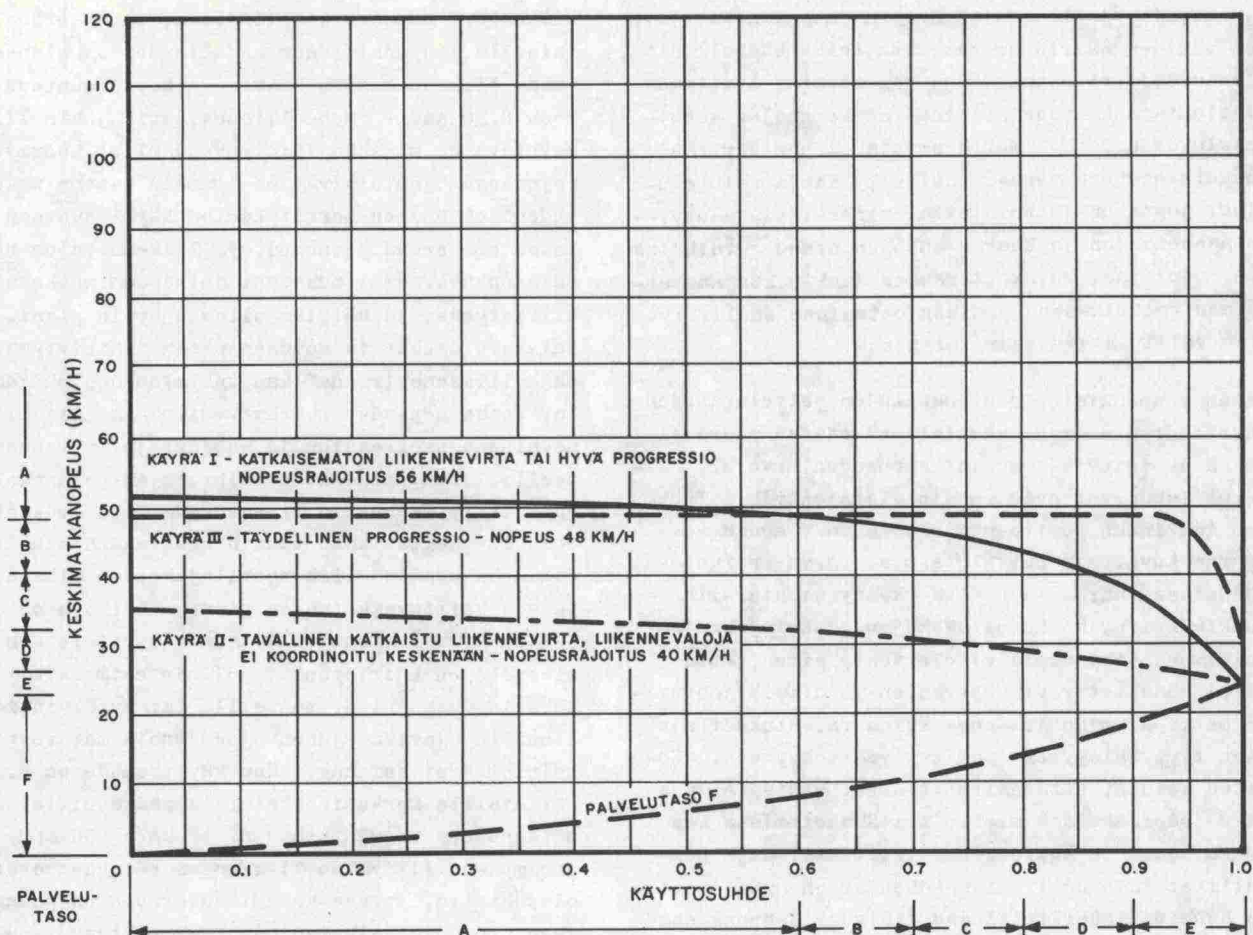
daan saavuttaa korttelien keskiosilla ja useimmiten ne vastaavat käytettyä nopeusrajoitusta (käyrän II esimerkissä nopeusrajoitus on 40 km/h (25 mph)), mutta katkeamakohdista johtuen tällä nopeudella voidaan vain harvoin ajaa pitkäköjiä matkoja.

Ainakin teoreettisesti voidaan laatia kolmas käyrä (esimerkiksi kuvan 10.3 käyrä III), joka vastaa täydellistä progressiota, jolloin tie välittää lähes välityskykyä vastaavan liikennemäärän säännöllisinä ajoneuvoryhminä progression nopeutta vastaavalla ajonopeudella, joka kuvan esimerkissä on 48 km/h (30 mph). Progressiivisia liikennevalojärjestelmiä käsitellään myöhemmin yksityiskohtaisesti tässä luvussa. Tässä yhteydessä riittääköön toteamus, että käytännössä täydellinen progressio on havaittu vain harvoin, joskin ainakin yhtä lähes ihanteellista progressiivista liikennevalojärjestelmää on tutkittu yksityiskohtaisesti (4).

Ennen palvelutasojen määrittelyä on erityisesti kuvassa 10.3 esiintyvän käyttösuhteen arvon 1.00 väärin tulkintojen estämiseksi määriteltävä, mitä kaupunkialueiden pääkatujen välityskyvyllä tarkoitetaan. Harvoin esiintyvissä katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa välityskyky on periaatteessa ja usein absoluuttiselta arvoltaankin sama kuin aikaisemmin käsitelty välityskyky, eli jatkuvana liikennevirtana tien tietyn poikileikkauksen ohittavien ajoneuvojen korkein lukumäärä. Katkaistun liikennevirran olosuhteissa välityskyky kuitenkin vain harvoin määräytyy tien geometrian perusteella kapeita alikulkukohtia ja muita poikkeustapauksia lukuunottamatta. Tavallisimmin se määräytyy liikenteen ohjausmenetelmien sekä liittymien ja niiden lähialueiden rakenteellisten olosuhteiden perusteella. Joissakin tapauksissa korttelin keskiosilla esiintyvät katkeamat tai häiriökohdat ovat niin merkitseviä, että ne määräävät välityskyvyn.

Periaatteessa välityskyky vastaa tien maksimikäyttöä sinä tunnin osana, jona tutkittavalla tiellä on vihreä liikennevalo tai sillä ei muuten esiinny kiinteitä liikenteen katkeamia. Vaikka korkealuokkainen katu saattaa välittää liikennettä lähes katkeamatonta liikennevirtaa vastaavalla tavalla vihreiden liikennevalovaiheiden aikana, on kuitenkin useita ajanjaksoja, jolloin liikenne ei pääse liikkumaan. Progressiivisessa järjestelmässä on vastaavasti ajanjaksoja, jolloin ajoneuvoryhmien välillä esiintyy kuormittamattomia kohtia. Todellista tuntia vastaava välityskyky on siis huomattavasti alhaisempi kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa.

Luvussa 6 on esitetty yksittäisten liittymien tutkimismenetelmät. Jos geometrialtaan suhteellisen yhdenmukaisella kaupunkialueella sijaitsevilla pääkadulla on useita liikennevaloin varustettuja



Kuva 10.3

Käyttösuhteen ja keskimatkanopeuden välinen riippuvuus kaupunki- ja esikaupunkialueiden pääkatujen yhdellä liikennesuunnalla.

liittymiä, eikä näiden liittymien liikennevalovaiheistus poikkea ratkaisevasti toisistaan, voidaan koko tiejaksolle määritellä keskimääräiset ajo-olosuhteet tai keskimääräinen palvelutaso (lukuunottamatta palvelutasoa E) edellä esitetyillä menetelmillä. Korkein mahdollinen liikennemäärä (palvelutasolla E eli välityskyvyn tasolla) ei voi ylittää kriittisimmän kohdan välityskykyä.

Jaettaessa tiejaksoa osiin ja määritettäessä näiden osien välisiä rajakohtia on kyseisillä osilla esiintyvät välityskyvyn kannalta kriittiset kohdat otettava huolellisesti huomioon. Koska tiellä ei ole liittymärajoitusta, saattaa tällaisen kriittisen kohdan vaikutusalue joissakin tapauksissa olla pienempi kuin ensimmäisessä tarkastelussa näyttää. Useat liikennevalojen välillä esiintyvät liittymis- ja erkanemiskohdat ovat useissa tapauksissa osoittaneet vääräksi sen yleisen oletuksen, että kriittisin liittymä määritteli kaikkien sellaisten tiejaksojen välityskyvyn, jolla kyseinen liittymä sijaitsee. Usein näin on asian laita, mutta tällaisten olosuhteiden muodostuminen riippuu paikallisen liikennetarpeen luonteesta. Joissakin tapauksissa

kriittisin liittymä määrittelee välityskyvyn vain kummassakin suunnassa seuraavaan liittymäkohtaan asti, jos kääntyvät liikennemäärät ovat huomattavia ja jos näistä kääntyvistä liikennemääristä johtuen kriittiseen pisteeseen saapuu säännöllisesti vähemmän liikennettä kuin viereisille tieosille. Tämän vuoksi on usein hyödyllisempää jakaa tiejakso osiin sellaisissa pisteissä, joissa liikennemäärä muuttuu huomattavasti. Tunnetut, välityskyvyn kannalta kriittiset pisteet eivät aina osoita rajoituksen todellista luonnetta, koska ollessaan rajakohtina ne jakavat kriittisen kuormituksen kahteen osaan.

Liittymien yksittäisten tulohaarojen ja niistä ylävirtaan olevien katujaksojen välityskyky määritetään luvussa 6 esitetyillä menetelmillä. Mikäli yksityiskohtaisia paikallisia tietoja ei ole käytettävissä, on menetelmissä oletettu kuormituskertoimeksi 0.85 ja huipputuntikertoimeksi 0.85. Tällöin kaksisuuntaisella kaupunkialueen pääkadulla, jonka ajokaistojen leveys on 3.6 m (12 ft) välityskyky yleisesti ottaen on noin 1000-1700 ajon./vihreä tunti ajokaistaa kohti ihanneolosuhteissa (pysäköinti kieltetty, ei kääntyviä

ajoneuvoja, jolloin ajoneuvojen ja jalankulkijoiden välinen häiriö on vähäistä, eikä kaupallisia ajoneuvoja) riippuen kaupungin koosta, liittymän sijainnista kaupungissa sekä ajokaistojen kokonaislukumäärästä. Näitä arvoja ei saa käyttää laskelmien perusteena. Esitetty laaja vaihtelualue, josta on jo poistettu esimerkiksi kääntyvien ajoneuvojen ja kuorma-autojen osuuden vaikutukset, osoittaa, kuinka tärkeätä kunkin korjausker-toimen vaikutuksen huomioon ottaminen on liittymien välityskykyä määritettäessä.

Ennen kaupunkialueiden pääkatujen palvelutasojen määrittelyä on myös käsiteltävä näissä määritelmässä esiintyviä keskimatkanopeuden arvoja. Esitetty lukuarvot ovat varsin yleistettyjä. Teoksen laatineen komitean mielestä ne yleensä vastaavat kuvattuja palvelutasoja. Arvot perustuvat pääasiassa harkintaan eikä yksityiskohtaisiin tutkimuksiin, koska pitkäkköjen pääkatujaksojen toimivuustutkimuksia ei ole tehty siten, että olisi määritetty viivästysten ja niistä johtuvien matka-aikojen ja -nopeuksien vaikutukset ajajien tyytyväisyyteen tai tyytymättömyyteen. Komitea katsoo, että esitetty arvot vastaavat ajajien todennäköisiä mielipiteitä useimmissa kaupungeissa. On kuitenkin muistettava, että paikalliset taloudelliset näkökohdat on myös otettava huomioon määritettäessä tietyssä kaupungissa tavoitteena olevaa palvelutasoa.

Kaupunkialueiden pääkatujen palvelutasoja voidaan tutkia samalla tavoin kuin muita teitä, joskin perusmuuttujina käytetään keskimääräistä matkanopeutta ja käyttösuhdetta. Tällöin tarkastelussa on tutkittava kaikkien mahdollisten häiriökohtien toimivuus sekä katujaakson toimivuus kokonaisuutena. Vaikkakin "pullonkaulat" esiintyvät tavallisesti liittymien tulohaaroilla, saattaa niitä olla myös korttelien varrella olevilla kaatuosilla. Palvelutasot määritellään käyttämällä vertailuperusteena hyvällä liikennevalojen progressiolla varustettua korkealuokkaista pääkatua, jota vastaa kuvan 10.3 käyrä I. Vertailuperusteesta johtuen monilla pääkaduilla ei koskaan saavuteta palvelutasoja A ja B vastaavia keskimatkanopeuksia. Jos yleensä jossakin harvinaisessa tapauksessa liikennevalojen progressio on täydellinen, on käyttösuhteen palvelutasojen rajoja vastaavien arvojen soveltaminen melko epärealistista, koska nopeudet säilyvät tasaisen korkeina lähes kaikilla liikennemäärillä.

Palvelutasoasteikko vastaa likimäärin kuormituskerrointa (jota käytetään yksittäisen liittymän palvelutason mittana) sekä todennäköistä huippu-tuntikerrointa. On kuitenkin muistettava, että teoriassa mikä tahansa huipputuntikertoimen arvo voi esiintyä kaikilla palvelutasoilla, koska HTK riippuu liikennetarpeen tasaisuudesta eikä sen suuruudesta.

Kuvan 10.3 perusteella todetaan, että korkealuokkaisella kaupunkiseudun kadulla nopeus alenee vain vähän liikennemäärän kasvaessa käyttösuhteen arvoon 0.50 asti. Mahdollisuus, että jokin liikennevalovaihe missään liittymässä olisi kuormitettu (ajoneuvot joutuisivat odottamaan kauemmin kuin yhden jakson) on merkityksetön käyttösuhteen ollessa em. arvoa pienempi, ja liikennevalon sallies-sa ajoneuvoryhmät pääsevät jatkamaan matkaansa viivästysten ja häiriön ollessa hyvin pieni. Tällaisia olosuhteita voidaan pitää "häiriytymättömänä liikennevirtana" kaupunkialueiden pääkaduilla, koska nopeudet määräytyvät pääasiassa liikennevalojen progression ja nopeusrajoitusten perusteella. Lyhytaikaisten vaihtelujen perusteella määritetty redusoitu liikennemäärä voi vastata noin 1.5 kertaa koko tunnin keskimääräistä liikennemäärää useiden liikennevalojaksojen aikana, mutta sen haittavaikutus on pieni. Tällöin on oletettu, että liikenteen toiminta kortteleiden keskiosilla on häiriötöntä, jolloin esimerkiksi kaksoispysäköintiä, tonteille tai pysäköinti-alueille ajavien ajoneuvojen jonoja tai vastaavia häiriöitä ei esiinny. Kun käyttösuhte on n. 0.60 tällaisilla korkealuokkaisilla pääkaduilla, keskimatkanopeus on vähintään n. 48 km/h (30 mph) ja useimpien liittymien liikennemäärät vastaavat olosuhteita, joissa kuormituskerroin on suunnitteen 0.0. Tällaiset olosuhteet vastaavat palvelutason A rajaa. Huipputuntikerroin on yleensä, mutta ei aina n. 0.70. (Esimerkkinä todettakoon, että jos liikennetarve koko huipputunnin aikana on tasainen ja vastaa kyseistä käyttösuhteen arvoa, mutta ei ole niin korkea, että yksikään jaksomissään liittymässä kuormittuisi, olisi huipputuntikerroin 1.00 ja palvelutaso silti A. Käytännössä tällaisia olosuhteiden yhdistelmiä ei yleensä tavata.)

Kun liikennemäärä on noin 70 % välityskyvystä, saattavat jotkut liikennevalovaiheet olla kuormitettuja. Keskimatkanopeudet alenevat liittymien aiheuttamista viivästyksistä ja ajoneuvojen välisistä häiriöistä johtuen, mutta ovat edelleen vähintään 40 km/h (25 mph). Viivästykset eivät tunnu kohtuuttomilta. Liikennemäärät näissä palvelutason B rajaa vastaavissa olosuhteissa ovat samansuuruisia kuin kuormituskertoimen ollessa 0.1. Huipputuntikerroin on todennäköisesti noin 0.80.

Palvelutason C ylärajalla liikennemäärät ovat noin 80 % välityskyvystä. Tavallisilla liikennevaloin varustamattomilla kaduilla, joiden varrella on kaupallisia alueita sekä kaduilla, joilla on hyvä progressiivinen liikennevalojärjestelmä keskimatkanopeudet ovat tavallisesti alle 80 % häiriytymättömän liikennevirran nopeudesta, mutta vähintään 32 km/h (20 mph). Ellei progressio ole täydellinen, vastaa kuormitettujen liikennevalovaiheiden esiintymistiheys ja kesto useimpien

ajajien mielestä kohtuullisuuden ylärajaa. Useimpien liittymien ajo-olosuhteet vastaavat suunnitteen kuormituskerrointa 0.3, ja huipputuntikerroin on todennäköisesti noin 0.85.

Palvelutasolla D ilmenevä liikennemäärien kasvu alkaa alentaa katuverkon toimivuutta. Liikennemäärät ovat lähes 90 % välityskyvystä ja keskimatkanopeudet ovat alentuneet noin 24 km/h:iin (15 mph). Esimerkiksi huomattavien pääkatujen liittymissä ja muissa kriittisissä kohdissa viivästykset saattavat olla huomattavan pitkiä, ja jotkut ajoneuvot joutuvat odottamaan vähintään kaksi liikennevalojaksoa päästäkseen liittymän läpi. Liikennemäärän vaihtelu pienenee, koska liikennevaloissa tapahtuu ylimääräisen liikennemäärän "varastoitumista". Useissa liikennevaloin varustetuissa liittymissä olosuhteet vastaavat kuormituskerrointa 0.7, ja huipputuntikerroin on todennäköisesti noin 0.90. Tällaiset olosuhteet saattavat olla siedettäviä lyhyinä ajanjaksoina tai satunnaisissa häiriökohdissa, mutta jos tällaiset olosuhteet esiintyvät huomattavan suurella huipputunnin osalla koko katujaksolla, aiheutuu niistä liian suuria viivästyksiä. Tällaisessa tapauksessa asianmukaisesti koordinoitu progressiivinen liikennevalojärjestelmä parantaa ajo-olosuhteita huomattavasti, elleivät poikittaiskaduilta saapuvat liikennemäärät ole niin suuria, ettei progressio toimi.

Välityskyvyn tasolla useimpien liikennevaloin varustettujen katujen toiminta on peruspiirteiltään samanlaista riippumatta siitä, kuuluvatko liikennevalot progressiiviseen järjestelmään. Tämä johtuu siitä, että liikennevirta on niin epävakaata, etteivät ennalta määritetyt vaiheistuskaaviot voi olla jatkuvasti oikeita. Keskimatkanopeus vaihtelee, mutta on suunnilleen 24 km/h (15 mph). Liittymien toiminta kadun varrella vastaa kuormituskerrointa 0.7 - 1.0, ja huipputuntikerroin on todennäköisesti noin 0.95. Useimpien liittymien tulohaaroilla esiintyy jatkuvasti jonoja, ja välitetty liikennemäärä riippuu kunkin liittymän toimintakyvyn ylärajasta. Poikittaiskaduilta saapuva liikenne lisää liikennetarvetta yleensä niin paljon, että lähes kaikki tulohaarat ovat kuormitettuja. Tonttiliittymistä tai pieniltä kaduilta voidaan pääkadulle päästä vain silloin, kun ylävirtaan oleva liikennevalo on pysäyttänyt liikenteen, ja tällöinkin kadulle pääseminen saattaa olla vaikeata liikennemäärän suuruudesta johtuen.

Tyypillisissä katkaistun liikennevirran olosuhteissa liikennevaloin varustetulla kaupunkialueen pääkadulla saavutetaan "pakotetun" liikennevirran olosuhteet (palvelutaso F) jonkin verran hitaammin kuin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa.

Koko katujaksolla liikennevirta katkeaa säännöllisesti liikennevaloissa, jolloin nämä säätelevät seuraavalle katuosalle pääsevän liikenteen määrää. Täten välityskykyä suurempi liikennemäärän osa jakautuu tasaisesti koko katujaksolle, mitä myös välityskyvyn tasolle pääseminen edellyttää. Pysähtyneiden ajoneuvojen lukumäärä näissä olosuhteissa kasvaa vähitellen, mutta liikennevaloin varustetuilla kaduilla "pakotettu" liikennevirta saavutetaan vain silloin, kun tarkastelukohdasta alavirtaan oleva katuosa ei pysty välittämään liikennevalosta läpi päässeitä ajoneuvoja. Tällöin tietyltä liikennevalolta alkavat ajoneuvonot ulottuvat seuraavaan, ylävirtaan sijaitsevaan liikennevaloliittymään ja sen tulohaaroille asti, jolloin tämä ylävirrassa sijaitseva liittymä ja sen tulohaarat toimivat "pakotetun" liikennemäärän olosuhteissa. Näissä olosuhteissa sekä liikennemäärä että palvelutaso alenevat.

Taulukossa 10.13 on esitetty edellä kuvatut riippuvuudet yhteenvetona.

Joissakin harvoissa tapauksissa saattaa kaupunkialueella liikenteenvälityskyvyn tasolla liikennevirta olla katkeamaton, jolloin olosuhteet ovat hyvin samanlaiset kuin maaseudun teillä välityskyvyn tasolla. Toistuvat pysähdykset, alhaiset nopeudet sekä mahdollisuus liikennevirran muuttamiseen "pakotetuksi" kuvaavat tällaisia olosuhteita.

SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVAT KRIITTISET KOHTEET

Kaupunkialueiden pääkatuja tutkittaessa on otettava huomioon kadun toimintatyyppi (liikennevalot, progressiivinen liikennevalojärjestelmä sekä katujen kaksi- tai yksisuuntaisuus). Lisäksi on näillä kaduilla useita liikenteen häiriötöntä kulkua estäviä potentiaalisia tekijöitä, jotka johtuvat pääasiassa viereisen maankäytön tarpeista tai poikittaisen liikenteen aiheuttamista häiriöistä.

Liikennevalot

Kuten aikaisemmin esitettiin, liikennevaloin varustetut liittymät muodostavat niin merkittävän häiriökohdan, että suurin osa luvusta 6 käsittelee niitä. Pääkatujakson välityskykyä määritettäessä tulee liikennevalot aina ottaa huomioon ko. luvussa esitetyillä menetelmillä. Tutkittaessa liittymien vaikutusta korttelien varrella olevien katuosien toimintaan ei useimmissa tapauksissa jouduta käyttämään liittymiä tarkasteltaessa sovellettuja laskennollisia tekijöitä. Harkintaa on kuitenkin käytettävä. Jos esimerkiksi korttelin osuudella on raskas nousu, saattaa kuorma-autojen huomioon ottaminen olla tärkeätä.

Taulukko 10.13 KAUPUNKI- JA ESIKAUPUNKIALUEIDEN PÄÄKATUJEN PALVELUTASOT

PALVELUTASO	LIIKENNEVIRRRAN OLOSUHTEET (KUVAAVIA LIKIMÄÄRÄISTYKSIÄ, OLOSUHTEITA EI VOI SOVELTAA JÄYKÄSTI)				KÄYTTÖSUHDE ^{a,c}
	TYYPPI	KESKIMATKANOAPEUS ^a (KM/H)	KUORMITUSKERROIN ^a	TODENNÄKÖINEN HUIPPUTUNTIKERROIN ^b	
A	HÄIRIINTYMÄTÖN LIIKENNEVIRTA (LÄHES)	≥ 48	0.0	≤ 0.70	≤ 0.60 (0.80)
B	VAKAA LIIKENNEVIRTA (PIENIÄ VIIVÄSTYKSIÄ)	≥ 40	≤ 0.1	≤ 0.80	≤ 0.70 (0.85)
C	VAKAA LIIKENNEVIRTA (HYVÄKSYTTÄVIÄ VIIVÄSTYKSIÄ)	≥ 32	≤ 0.3	≤ 0.85	≤ 0.80 (0.90)
D	LÄHES EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTA (SIEDETTÄVIÄ VIIVÄSTYKSIÄ)	≥ 24	≤ 0.7	≤ 0.90	≤ 0.90 (0.95)
E ^e	EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTA (RUUHKAUTUMIA, KOHTUUTTOMIA VIIVÄSTYKSIÄ)	LIKIMÄÄRIN 24	≤ 1.0 (TAVALLISESTI 0.85) ^d	≤ 0.95	≤ 1.00
F	"PAKOTETTU" LIIKENNEVIRTA (TÄYSIN RUUHKAUTUNUT)	< 24	EI MERKITYSTÄ	EI MERKITYSTÄ	EI MERKITYSTÄ ^f

^a Keskimatkanopeus ja käyttösuhte ovat toisistaan riippumattomia palvelutasoa mittaavia suureita. Molempien arvojen täytyy vastata haluttua palvelutasoa. Lisäksi on otettava huomioon, että esitetyt arvot ovat suurelta osin yleistymiä. Kuormituskerroin kuvaa yleensä yksittäisen liittymän palvelutasoa, mutta sitä voidaan käyttää lisätietona tarpeen mukaan.

^b Esitetyt arvot vastaavat yleensä esitettyjä olosuhteita, käytännössä esiintyy kuitenkin huomattavia vaihteluja.

^c Suluissa olevat arvot vastaavat lähes täydellistä progressiota.

^d Kuormituskerroin 1.0 esiintyy harvoin edes välityskyvyn tasolla liikennemäärän sisäisestä vaihtelusta johtuen.

^e Välityskyky.

^f Käyttösuhte saattaa olla huomattavasti yli 1.00, mikä osoittaa ylikuormituksen vallitsevan.

Progressiiviset liikennevalot

Kuten aikaisemmin sekä tässä luvussa että luvussa 6 ja 9 todettiin, on yleensä vain harvoin esiintyvä täydellinen tai lähes täydellinen liikennevalojen progressio erityistapaus, jossa liikenteen toimivuuden peruspiirteet poikkeavat tavallisista olosuhteista varsin huomattavasti. Lähes täydelliseen progressioon voidaan kaksisuuntaisilla kaduilla päästä vain yhdessä liikennesuunnassa kerrallaan joitakin hyvin harvinaisia tapauksia lukuunottamatta. Periaatteessa täydellinen progressio eroaa kadun tavallisesta toiminnasta siinä, ettei mikään ajoneuvo joudu koskaan pysähtymään punaisen liikennevalon takia, jolloin liikennemäärä voi olla 2000 hay/vihreä tunti. Tällainen toiminta voidaan saavuttaa korkeilla liikennemäärillä vain seuraavissa olosuhteissa:

- 1) Kääntyvien ajoneuvojen lukumäärä on suhteelli-

sen pieni (ja tielle saapuvien ja siltä poistuvien ajoneuvojen lukumäärät ovat lähes yhtä suuret),

- 2) liikennetarve liikennevalojaksoa kohti pysyy hieman jakson välityskykyä alhaisempana, jotta ajoneuvoryhmien välillä ja sisällä tapahtuvien viivästysten edellyttämä joustavuus säilyy ja
- 3) korttelien varrella ei ole merkittäviä häiriökohtia, jolloin käytännössä kadun toiminta vastaa liittymärajoituksella varustettua tietä.

Korkeilla liikennemäärillä tällainen toimintatapa on aina hyvin altis häiriöille, ja se saattaa "murtua" kokonaan, jos liikennevirrassa muodostuu vähänkin epänormaaleja olosuhteita. Näissä olosuhteissa voitaneen kuormituskertoimenä käyttää arvoa 0.95 ja huipputuntikertoimenä arvoa 0.95. Tässä tapauksessa kuormituskerroin 0.95 merkitsee tavallisesta poiketen sitä, että lähes kaikki jakso-olivat melkein, mutta eivät aivan kuormitettui-

ja. Tällaista tulkintaa voidaan soveltaa vain täydellisen progression yhteydessä. Tarkastelemalla kuvan 10.3 käyrää III tässä yhteydessä huomataan, että käyttösuhteen yleisten rajojen käyttö sellaisenaan on epäjohtomukaista progressiivisessa liikennevalojärjestelmässä. Tällaisessa tapauksessa esimerkiksi nopeus vastaa palvelutasoa A kuvassa esitetyn vaihtelualueen valtaosalla, jolloin on todennäköistä, että ajajista liikennemäärät tuntuvat epämiellyttäviltä vasta käyttösuhteen ollessa n. 0.75 - 0.80.

Liittymien tulo- ja lähtöhaarojen levittämällä kortteleiden keskiosilla esiintyvää ajokaistojen määrää suuremmaksi pyritään joissakin tapauksissa korvaamaan se välityskyvyn aleneminen, joka johtuu tavallisista liikennevaloista lähtemiseen kuluvas- ta ajasta. Jos liikennevalojen progressio on onnistunut, todennäköisesti vain kääntyvä liikenne käyttää tällaisia ajokaistoja. Koska ajaminen tapahtuu ajoneuvoryhmissä ja vain muutamat ajoneuvot joutuvat pysähtymään, eivät ajajat yleensä katso ylimääräisille ajokaistoille siirtymistä tarpeelliseksi koska lisäksi ajoneuvoryhmään liittyminen erkanemisen jälkeen saattaa osoittautua vaikeaksi. Tästä huolimatta tällaiset ajokaistat saattavat olla toivottavia "turvallisuustekijöitä", koska kääntyvät ajoneuvot voivat siirtyä niille suoraan ajavasta liikennevirrasta ennen hidastamista, minkä lisäksi tällaiset ajokaistat edesauttavat välityskyvyn (harvoin palvelutason) ylläpitämistä, jos progressiivinen liikennevirta ruuhkautuu täydellisesti.

Tavallisesti esiintyvissä tapauksissa, joissa progressio on tehokas mutta ei täydellinen, joutuvat jotkut ajoneuvot pysähtymään liikennevaloissa, mutta viivästykset vähenevät huomattavasti. Välityskyky kasvaa vain hieman tai ei ollenkaan ilman progressioa esiintyvistä tasosta, mutta katu- jaksolla käytetty matka-aika alenee huomattavasti. Ts. progressio lisää huomattavasti ajoreitin miellyttävyyttä yksittäisen ajajan kannalta ja parantaa yleistä, keskimatkanopeudella mitattua palvelutasoa kaikilla välityskyvyn alapuolella olevilla liikennemäärillä. Lisäksi saattaa kunkin palvelutason välityskyky ajoneuvoinakin mitattuna kasvaa hieman.

Yksisuuntaiset ja kaksisuuntaiset kadut

Kaupunkialueiden yksisuuntaisten ja kaksisuuntaisten katujen suhteellinen tehokkuus toisiinsa nähden on aiheuttanut paljon väittelyä viime vuosina. Tämä johtuu osittain siitä, että vaikka ensimmäiset yksisuuntaiset kokeilut osoittautuivat huomattavasti edullisimmiksi kuin kaksisuuntaiset kadut, saatiin 1950-luvun loppupuolella tehdyissä liittymien välityskykytutkimuksissa jonkin verran vastakkaisia tuloksia. Useat "ennen-jälkeen" tutkimukset ovat myös päättyneet erilaisiin tulok-

siin. Tässä tekstiosassa pyritään selvittämään nämä eroavaisuudet ja niiden syyt.

Tietyn levyinen katu toimii yleensä yksisuuntaisena tehokkaammin kuin kaksisuuntaisena, jos sen toimivuutta mitataan havaittujen, tunnissa välitettujen ajoneuvojen lukumäärän perusteella. Näihin tuloksiin päästään tarkastelemalla nykyisin käytössä olevia, pääasiassa luvussa 6 esitettyjä liittymien välityskyvystä saatuja tietoja. Yksisuuntaisen kadun edullisuuden aste vaihtelee kuitenkin huomattavasti tarkasteltavasta kohteesta riippuen. Useissa tapauksissa yksisuuntaisten katujen liittymien välityskyky on osoittautunut merkittävästi tehokkaammaksi kuin kaksisuuntaisilla kaduilla kun taas toisissa tapauksissa erot ovat olleet hyvin pieniä.

Edellä esitetystä säännöstä on yksi poikkeus: suhteellisen kapeat, ajoratamerkinnoilla varustamattomat kadut, joilla pysäköinti on sallittu molemmilla puolilla ja pysäköityjen ajoneuvojen väliin jäävä tila juuri ja juuri riittää kahdelle liikkuvalla ajoneuvojonolle. Tällaiset kadut välittävät yleensä jonkin verran enemmän liikennettä kaksisuuntaisina kuin yksisuuntaisina. (Kaksisuuntaisena yhden ajokaistan liikennemäärä on alhaisempi, mutta kadun kokonaisliikennemäärä on suurempi.) Tällaisessa tapauksessa yksisuuntaisella kadulla ajajat ilmeisesti ajavat mieluummin yhdessä ajoneuvojonossa kuin kahdessa hyvin lähellä toisiaan olevassa jonossa, kun taas kaksisuuntaisella kadulla molempia ajokaistoja käytetään jatkuvasti, koska valinnan mahdollisuutta ei ole.

Yksi- ja kaksisuuntaisia katuja on verrattava harkiten toisiinsa. Jotta vertailun tulokset olisivat merkittäviä, on yleensä analysoitava koko katuverkko muutoksen jälkeen ja verrattava sitä ennen muutosta olleeseen kokonaisjärjestelmään, koska yksittäisen kadun "ennen-jälkeen" tutkiminen on vaikeata ja antaa vain harvoin täysin paikkansapitäviä tuloksia. Esimerkiksi yksinkertaisessa tapauksessa, kun kaksi kaksisuuntaista katuja muutetaan yksisuuntaiseksi katupariksi, on vertailussa tutkittava molempien suuntien yhteinen liikenteenvälityskyky sekä muutosta ennen että sen jälkeen. Kaksisuuntaisen kadun molempia puolia käytetään vain harvoin yhtä tehokkaasti samaan aikaan. Tämän vuoksi ei "ennen" -tapauksena voida verrata yksittäisen kadun toimintaa tiettyä huippuajankohtana tällaisissa epätasaisen kuormituksen olosuhteissa yksisuuntaisen kadun kokonaiskäyttöön "jälkeen"-tapauksessa ottamatta huomioon katuparin toista puoliskoa, jonka käyttö samaan aikaan on yleensä huomattavasti välityskykyä alhaisempi.

Näiden näkökohtien lisäksi oikein suoritettu vertailu saattaa edellyttää joitakin erityisolosuhteita, jotka riippuvat vertailun tarkoituksesta.

Tutkimustarkoituksia varten tehdyissä analyyseissä edellytetään oikein suoritettulta vertailulta, että seuraavat olosuhteet ovat samanlaiset "ennen" - ja "jälkeen"-tapauksissa:

- 1) liikennemäärä ja liikenteen koostumus (liikennettä oltava niin paljon, että kaikkia ajokais-toja käytetään tehokkaasti samanaikaisesti),
- 2) päällysteen laatu,
- 3) pysäköintiolosuhteet,
- 4) liikenteen ohjausmenetelmien soveltamistavat,
- 5) ympäristöolosuhteet ja
- 6) kääntyvän liikenteen määrä katujärjestelmässä yleensä.

Joissakin tutkimuskohteissa saattaa edellytyksenä olla myös, että ajokaistojen leveydet ovat yhtä suuret.

Useimmissa käytännön tapauksissa em. olosuhteet eivät säily samanlaisina muutettaessa kaksisuuntaisia katuja yksisuuntaisiksi. Kaksisuuntaiset kadut muutetaan yksisuuntaisiksi yleensä laajojen liikenteenparantamishojelmien yhteydessä, jolloin saatetaan myös muuttaa ja parantaa liikennevalojärjestelmää, lisätä liikennemerkkejä ja ajoratamerkintöjä, tiukentaa pysäköintimääräyksiä, rakentaa uusia katuosia sekä lisäksi muuttaa liikenteen reitinvalintoja siten, että parannetuille kaduille tulee enemmän liikennettä. Tällaisten parannusten yhteydessä "ennen-jälkeen" tutkimuksilla on arvoa sikäli, että ne osoittavat parannusten kokonaisvaikutuksen. Yleensä tulokset osoittavat kuitenkin myös sen, että yksisuuntaistamisen lisäksi muut toimenpiteet vaikuttavat liikenneolosuhteiden paranemiseen, jolloin yksisuuntaisten katujen liikenteenvälityskyvyn tai palvelutasojen välityskykyjen kannalta vertailu saattaa olla harhaanjohtava. Vastaavalla tavalla useissa aikaisemmissa tutkimuksissa yksisuuntaisten katujen olosuhteet hyvin todennäköisesti olivat edullisempia kuin kaksisuuntaisten katujen. Täten tällaiset tutkimukset saattavat osoittaa, että yksisuuntaistamisella saadaan huomattavasti parempia tuloksia kaksisuuntaisiin katuihin verrattuna kuin mitä todella tapahtuisi kaikkien muiden olosuhteiden pysyessä ennallaan.

Edellisellä ei ole pyritty vähentämään yksisuuntaisten katujen toimivuuden merkitystä, vaan ainoastaan osoittamaan tarkasteluissa mahdollisesti esiintyneitä epäjohtomukaisuuksia. Onkin siis korostettava, että jopa sellaisissa joskus esiintyneissä tapauksessa, joissa tulokset osoittavat, että yksisuuntaisen ratkaisu on vain vähän tai ei ollenkaan kaksisuuntaista katua parempi yihreän tunnan perusteella määritettynä, yksisuuntaisen katu kuitenkin yleensä välittää huomattavasti enemmän ajoneuvoja todellista tuntia kohti samalla palvelutasolla. Näin tapahtuu erityisesti tapauksissa, joissa ruutumainen katuverkko ulottuu verraten laajalle. Vastaavasti yksisuuntaiset

kadut välittävät saman määrän ajoneuvoja paremmalla palvelutasolla. Tämä johtuu yleensä siitä, että liikennevalot voidaan suunnitella vain kaksivaiheisiksi, jolloin vältetään kokonaan ylimääräisistä vaiheista sekä ylimääräisistä keltaisista ja punaisista, liittymän tyhjenemisen edellyttämistä vaiheista johtuva ajanhukka, joka esiintyy monimutkaisissa, kaksisuuntaisten katujen edellyttämissä ratkaisuissa. Toinen yksisuuntaisten katujen etu on, että liikennevalojen progressio on helpommin toteutettavissa.

Vaikka yksisuuntaiset kadut ovat yleensä toivottavia, voidaan myös kaksisuuntaisten katujen toimintaa parantaa huomattavasti niin, että ne lähes vastaavat yksisuuntaisia katuja, jos yksisuuntaistaminen on mahdotonta.

Muut katkeamat ja häiriökohtat

Useimmilla pääkaduilla on monia muita tekijöitä, jotka toisinaan häiritsevät liikenteen joustavaa kulkua. Useissa tutkimuksissa on tarkasteltu näitä laaja-alaisia kysymyksiä. Erityisesti mainittakoon Washington, D.C:ssä tehty "Wisconsin Avenue Study" (5), jolla tutkittiin laajasti kaupunkialueiden pääkatujen toimivuusongelmia. Tämän tutkimuksen raporttia on käytetty ohjeena tämän alan kysymyksiä käsiteltäessä.

Todennäköisimmin erillistarkasteluja edellyttäviä kohtia ovat mm.:

1. Liikennevalottomat liittymät
2. Korttelien varrella sijaitsevat tonttiliittymät ja niihin kääntyvä liikenne.
3. Katuvarsipysäköinti korttelin varrella.
4. Korttelipysäköinti kortteleiden varrella.
5. Riittämättömät liikennemerkit ja ajoratamerkin-
6. Kanavoinnin puute.
7. Sivuesteet.
8. Jalankulkijoista aiheutuvat häiriöt.
9. Julkisen liikenteen toiminta.
10. Liikennesääntöjen noudattamisen valvomattomuus.

Riittämättömien tutkimustulosten perusteella ei voida laatia yksityiskohtaisia, nämä eri tekijät huomioon ottavia korjauskertoimia. Itse asiassa on epäiltävissä, ettei merkitseviä kertoimia yleensä voitaisi muodostaakaan, koska nämä häiriöt vaikuttavat yleensä läheisesti toisiinsa aiheuttamallaan eräänlaisen "ryhmävaikutuksen". Yksikin huomattava häiriö peittää alleen muiden vaikutukset, ja vaikka tämä huomattava häiriö korjattaisiin, saattaa hyöty olla pieni, koska muut häiriöt jäävät jäljelle.

Korjauskertoimien sijasta on ensiksi pyrittävä määrittämään yleisten häiriökohtien tyyppi ja sijainti paikallisilla tutkimuksilla. Tämän jälkeen selvitetään, alentavatko jotkut näiden alueiden eri-

tyispiirteet välityskykyä tai palvelutasoa merkittävästi käyttämällä aikaisemmin esitettyjä tutkimusmenetelmiä ja palvelutason mittasuureiden perusrarvoja tarkasteltavassa ongelmassa soveltuvien osin. Esimerkiksi korttelin varrella olevat vilkkaasti liikennöidyt tonttiliittymät tai kujat voitaneen tutkia parhaiten olettamalla ne liikennevaloin varustetuiksi liittymiksi, joilla on tietty jakson pituus. Tarvittavilla hallinnollisilla päätöksillä määritetään lopulta käytännön mahdollisuudet näiden häiriökohtien poistamiseen.

Kääntyviä liikennemääriä käsiteltäessä on erityisesti muistettava, että yleinen, sekä korttelien varrella olevia liittymiä että varsinaisia katuliittymiä koskeva kääntymiskielto saattaa joskus aiheuttaa entistä enemmän häiriöitä, ellei kiellon aiheuttamia vaihtoehtoisia ajoreittejä ja niiden käyttöä ole tutkittu huolellisesti etukäteen. Uudet häiriöt aiheutuvat virheellisestä ajosta (etsittäessä vaihtoehtoisia reittejä) sekä pitemmistä ajoreiteistä. Jos vastakkaissuuntaisissa liikennevirroissa on liikennevaloista johtuvia ajoittaisia aukkoja, päästään yleensä tehokkaaseen ratkaisuun joko rakentamalla vasempaan kääntyville ajoneuvoille erillisiä ryhmittymiskaistoja tai jatkuva ajokaista, jolloin ajoneuvot voivat odottaa turvallisesti vastaan tulevassa liikenteessä olevaa aukkoa.

Pääkaduilla liikennöivä julkinen liikenne vaikuttaa usein kadun välityskykyyn. Julkisen liikenteen vaikutukset on välityskyvyn kannalta otettu huomioon luvussa 6 esitetyissä liittymien välityskyvyn laskentamenetelmissä. Paikallisliikenteen linja-autojen takia ei tarvitse tehdä muita korjauksia, joskin julkisen liikenteen toimintaa käsitellään vielä yleisesti luvussa 11.

KAUPUNKIALUEIDEN PÄÄKATUJA KOSKEVAT LASKENTAMENETELMÄT

Hyvin korkealuokkaisten kaupunkialueiden pääkatujen yleinen palvelutaso voidaan mahdollisesti määrittää luvussa 9 esitetyillä moottorikatuja koskevilla menetelmillä, jos pääkatujen olosuhteet vastaavat edellytyksiä. Pitkähköjä tavallisten pääkatujaksojen (keskikaupungin katuja lukuunottamatta) yleisten palvelutasojen määrittelemisen suoritetaan erilaisilla ja epätarkemmilla menetelmillä kuin aikaisemmin käsiteltyjen tietyyppien yhteydessä käytettiin. Eräitä jo aikaisemmin esitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa, mutta pääkatujen tutkiminen edellyttää myös huomattavasti harkintaa. Erityisesti yhdenmukaisten katujaksojen määrittäminen on vaikeata, koska korttelien varrella esiintyy aina pistemäisiä häiriöitä. Täten ei yksikäsitteisiä, esimerkiksi nopeuden ja käytösuhteen välistä riippuvuutta kaikissa olosuhteissa kuvaavia perusteita voida esittää, vaan

saatuja tuloksia tulkittaessa päästään merkitseviin lopputuloksiin vain huolellisen tarkastelun avulla.

Pääkatujen perusosat

Kaupunkialueen pääkatuja ei voida tavallisesti jakaa erikseen tutkittaviin katuosiin samalla tavoin kuin esimerkiksi maaseudun teitä, koska muuttujien määrä on liian suuri. Aikaisemmin tutkittiin kaupunkialueiden katujen välityskykyä käytännössä yksittäisten liittymien välityskyvyn ja niiden palvelutasojen välityskykyjen perusteella. Vähitellen on kuitenkin yhä enemmän kiinnitetty huomiota koko katujaksoon yhtenä yksikkönä, ja tällaista tarkastelutapaa käytetään myös tässä kirjassa.

Kaupunkialueiden pääkatujen yksityiskohtainen tarkastelu tulisi suorittaa siten, että kukin tärkeän liittymän välityskyky lasketaan luvussa 6 esitetyillä menetelmillä, minkä lisäksi korttelien varrella olevat merkitsevät häiriökohdat ja niiden vaikutukset arvioidaan perusmenetelmiä soveltaen. Lisäksi määritetään katujakson keskimatkanopeus ajoaikamittauksilla tai vertaamalla sitä samankaltaisilla kaduilla havaittuihin nopeuksiin. Täten kadun toimivuus määritetään pääasiassa pistekohtaisten välityskykyjen tai palvelutasojen sekä keskimatkanopeuden perusteella.

Kaupunkialueiden pääkatujakson tutkiminen yhtenä kokonaisuutena

Kuten aikaisemmin mainittiin, kuvan 10.3 käyrä I esittää käytösuhteen ja keskimatkanopeuden välistä riippuvuutta, jonka katsotaan vastaavan tyypillisen korkealuokkaisen pääkadun pitkähkön katujakson olosuhteita. Taulukossa 10.13 esitetyt eri palvelutasojen rajoja osoittavat käytösuhteen ja keskimatkanopeuden arvot perustuvat em. käyrään. Vaikka sekä kuvaa että taulukkoa voidaan käyttää kyseisen tyyppisiä katuja koskevien laskelmien perusteina, eivät ne ole samantaisia, kaikkia olosuhteita koskevia perusohjeita kuin katkeamattomalle liikennevirralle aikaisemmin on esitetty. Tämän vuoksi useat suunnittelijat voivat joutua laatimaan käyrää II vastaavia, paikallisia olosuhteita kuvaavia käyriä.

Pääkatujen yleistarkastelu voidaan suorittaa seuraavasti:

Välityskyky

1. Tarkastellaan tutkittavan katujakson yleispiirteitä ja määritetään välityskykyyn mahdollisesti vaikuttavat tekijät. Tavallisimpia tällaisia tekijöitä ovat mm. kaikki liikennevaloin varuste-

tut liittymät, kortteleiden varrella olevat kohdat, joissa geometriset olosuhteet, tonttiliittymät tai erilaiset liikenteen ohjauslaitteet aiheuttavat häiriöitä sekä joissakin tapauksissa verraten pitkät katujaksot, joilla liikennevalojen välimatka on yli 1,6 km ja liikennevirta on lähes katkeamaton. (Huomattakoon, että joissakin tapauksissa liikennevaloin varustetut liittymät eivät vaikuta välityskykyyn. Tällaisia ovat esimerkiksi jotkut jalankulkuvalot tai pienien sivukatujen liittymät, jolloin liikennevaloissa poikkittaisliikenteelle osoitettu vihreä vaihe on yleensä niin lyhyt, ettei se vaikuta välityskykyyn merkittävästi, vaikka palvelutaso saattaa sen takia alentua. Jos jalankulkijamäärät toisaalta ovat huomattavia, saattavat niitä ohjaavat liikennevalot olla välityskyvyn kannalta kriittisiä kohtia, koska valojen vaiheistus perustuu jalankulkijoiden eikä ajoneuvojen tarpeisiin.)

2. Määritetään kunkin merkittävän liittymätulohaaran välityskyky luvussa 6 esitetyillä menetelmillä ja kunkin katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa toimivan katujakson välityskyky aikaisemmin tässä luvussa esitetyillä menetelmillä. Tutkitaan erikseen korttelien varrella sijaitsevat merkitsevät häiriökohdat. Näiden tutkimista varten ei voida esittää erityisiä menetelmiä, vaan kuhunkin tapaukseen on sovellettava aikaisemmin tässä kirjassa esitettyjä menetelmiä. Liittymien välityskyvyn laskentamenetelmiä voidaan hyvin usein soveltaa siten, että ajanhukasta ja/tai ajoradan kapeudesta johtuvat häiriöt saadaan otetuiksi huomioon. Lisäksi saattavat luvussa 5 esitetyt geometriasta johtuvat tekijät olla sovellettavissa tällaisiin tapauksiin.

3. Edellä esitettyjen laskelmien tulosten perusteella määritetään a) ilmeiset "pullonkaulat", joiden välityskyky on huomattavasti alhaisempi kuin koko katujakson välityskyky sekä b) kadun yleinen välityskyky, kun "pullonkauloja" ei oteta huomioon. Tämä välityskyky määräytyy kadun muiden osien alhaisimman välityskyvyn mukaan.

4. Pyritään nostamaan "pullonkaulojen" välityskyky muiden osien alhaisimman välityskyvyn tasolle. Ellei tämä ole mahdollista, "pullonkaulat" määräävät kadun välityskyvyn ainakin niiden välittömässä läheisyydessä. Koska kadulla on kuitenkin useita liittymis- ja erkanemiskohtia, voivat kadun muut, vähemmän häiriytyneet osat välittää suuremman liikennemäärän kuin pahimman pullonkaulan läpi voi päästä. (Tätä seikkaa käsitellään edelleen kohdassa "Palvelutasot".) Jos näin on asian laita, määräytyy muiden osien välityskyky alhaisimman "normaalin" kohdan perusteella.

Palvelutasojen välityskyvyt

Noudatetaan edellä esitettyjä välityskykyä koskevia määrittämisvaiheita, mutta korvataan liikenteen välityskykyä vastaavat arvot haluttua palvelutasoa vastaavilla arvoilla tulosten tarkasteluvaiheeseen (kohta 3) asti.

Tuloksia tarkasteltaessa tulisi muistaa, että vaikka tien tietty osa ei toteuta palvelutason välityskyvylle asetettuja tavoitteita, ei se ole kriittinen, jos se kuitenkin vastaa koko katujakson yleistä välityskykyä. Tällainen kohta on edelleen tiettyssä määrin merkitsevä häiriökohta, jossa palvelutaso on kadun muita osia alhaisempi, mutta tavallisesti se voi välittää esiintyvän liikennemäärän.

Palvelutasot

Tavanomaisten suunnittelutehtävien tavoitteena on joko koko pääkadun tai ainakin huomattavan katujakson yleisen palvelutason määrittäminen. Tutkimusmenetelmä kuitenkin yleensä edellyttää, että katujakso jaetaan osiin, jolloin tarkastelutapa on seuraava:

1. Tarkastellaan koko katujaksoa ja määritetään kohdat, joissa liikenteen koostumus muuttuu ilmeisen merkittävästi kääntyvästä liikenteestä, rampeista tai muista liittymis- ja erkanemiskohdista johtuen. Tiejakso jaetaan osiin tällaisista kohdista jatkotarkastelua varten. (Jos liikenteen koostumus ei muutu merkittävästi pääkadun eri osilla, mutta liittymistä aiheutuu huomattavia ongelmia, on toisinaan edullista käyttää katuosien alku- ja päätepisteinä kortteleiden keski-osilla olevia kohtia liittymien sijasta, jolloin kaikki tiettyssä liittymässä aiheutuvat häiriöt kuuluvat samaan katuosaan.)

2. Määritetään kaikkien liittymien välityskyvyt luvussa 6 esitetyillä menetelmillä, minkä lisäksi kohdassa "Välityskyky" esitetyillä menetelmillä tutkitaan kaikki pääkadun toimintaan vaikuttavat erityiskohdat. Samoin kuin ko. kohdassa esitetiin, erotetaan selvät, huomattavasti muista katuosista poikkeavat kohdat, ja määritetään jäljelle jäävän katujakson määräävä välityskyky.

3. Verrataan keskimääräistä liikennemäärää tieosan määräävään välityskykyyn. Ellei välityskykyä ylitetä, määritetään lisäksi, ovatko erityiskohtien välityskyvyt pienempiä kuin liikennemäärä.

4. Ellei vaiheessa 3 löydetä määräävää välityskykyä, jaetaan keskimääräinen liikennemäärä määrävällä välityskyvyllä, jolloin saadaan katujakson

keskimääräinen käyttösuhde. Kuvan 10.3 tai paikallisten olosuhteiden perusteella laaditun vastaavan kuvan perusteella määritetään kadun "tavallisten" osien keskimatkanopeus sekä sitä vastaava yleinen palvelutaso kuvan tai taulukon 10.13 tai paikallisiin olosuhteisiin sopivan kuvan perusteella.

Mikäli normaalista poikkeavia häiriökohtia esiintyy, eivätkä ne kuitenkaan määrää kokonaisvälityskykyä, määritetään jokaisen tällaisen kohdan palvelutaso riittävän yksityiskohtaisesti. Usein voidaan käyttää luvussa 6 esitettyjä menetelmiä joko sellaisenaan liittymissä tai sovellettuina muissa katkeamakohtissa, joskin joissakin tapauksissa muut menetelmät ovat sopivampia. Seuraavaksi määritetään tällaisten paikallisten häiriökohtien lukumäärä, niiden paikallisista olosuhteista mahdollisesti johtuva hyväksyttävyys muun tieosan palvelutasoon verrattuna sekä tutkitaan palvelutason parantamisen edellyttämät muutosmahdollisuudet. Tämän jälkeen määritetään katujakson lopullinen palvelutaso painottamalla häiriökohdat niiden likimääräisillä vaikutusetsyyksillä.

5. Jos kohdassa 3 on saatu välityskyvyn määräävä arvo, tutkitaan tällainen kadun kohta yksityiskohtaisesti ja määritetään sen vaikutusalue, ts. määritetään, vaikuttaako se vain paikallisiin olosuhteisiin siitä ylä- ja alavirtaan olevista kääntyvistä liikennevirroista johtuen, vai onko sen seurauksena "nykivä" liikenne (palvelutaso F) siitä ylävirtaan päin, jolloin se myös säännöstelee alavirran suuntaan pääsevän liikennemäärän siten, että ajo-olosuhteet ovat siedettävät. Häiriökohdan tutkimisen jälkeen määritetään yleinen palvelutaso saatujen tulosten mukaan.

Myöhemmin esitetty ratkaisuesimerkki 10.6 havainnollistaa edellä käsiteltyjen menetelmien käyttöä.

Jos halutaan määrittää jonkin katujakson tiettyä palvelutasoa tai keskimatkanopeutta vastaava välityskyky, etsitään kuvasta 10.3 tai sitä vastaavasta paikallisesta kuvaajasta tien toimintaa kuvaavat olosuhteet ja näitä vastaava käyttösuhde.

Tämän jälkeen määritetään edellä esitetyin menetelmin tiejakson määräävä välityskyky, jonka perusteella saadaan halutun palvelutason välityskyky (eli liikennemäärä, jonka katu pystyy ko. palvelutasolla välittämään).

On muistettava, että kaikki edellä esitetyt kaupunkialueiden pääkatuja koskevat menetelmät ovat likimääräisiä, ja ne sopivat vain yleisiksi soveltamisohjeiksi. Jos pääkatua tutkitaan kalliita parannustoimenpiteitä suunniteltaessa on käytettävä huomattavasti yksityiskohtaisempia menetelmiä ja pyrittävä ottamaan huomioon kaikki kriittisissä kohdissa mahdollisesti esiin tulevat ongelmat.

Esimerkkiratkaisuja - Kaupunkialueiden pääkadut

Esimerkki 10.6

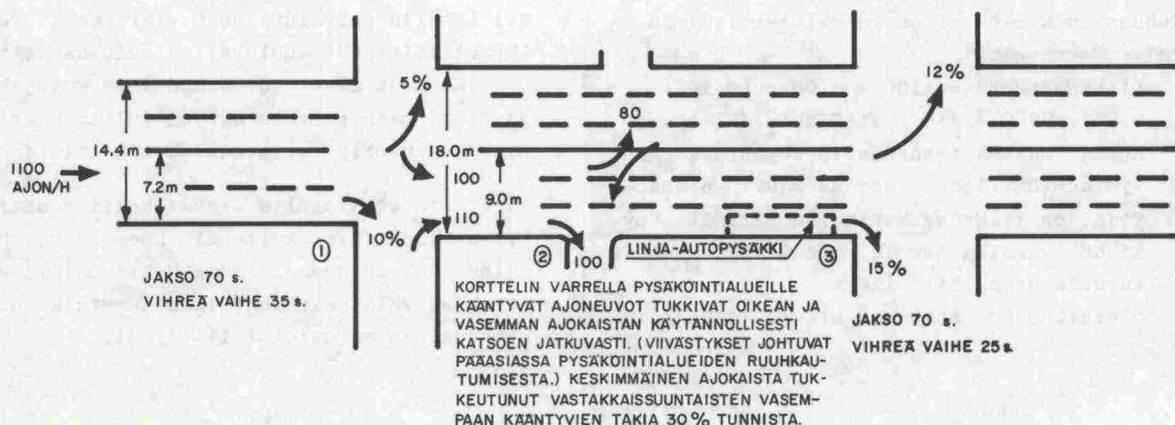
Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

- Liikennevaloin varustettu kaupunkialueella sijaitseva kaksisuuntainen pääkatujakso
- Kadun leveys kuvan mukainen.
- Reunakivien korkeus 15 cm.
- Tasainen maasto.
- Pysäköinti kielletty.
- Kuorma-autojen osuus koko jaksolla 3 %.
- Paikallisliikenteen linja-autoja 30 tunnissa, pysäkki kuvassa osoitetussa paikassa.
- Lähiökeskus.
- Kaupungin asukasluku 500 000.
- Huipputuntikerroin 0.85.
- Jalankulkijoista aiheutuvat häiriöt mitättömiä.
- Liittymät sekä kääntyvät liikennemäärät kuvan mukaisia.
- Nopeusmittausten mukaan keskimatkanopeus on 30 km/h.
- Tarkastellaan lännestä itään suuntautuvaa liikennettä, liikennemäärät kuvan mukaisia.

On määritettävä:

- a) Keskimatkanopeutta vastaava yleinen palvelutaso.
- b) Liittymien ja kortteleiden varrella olevien häiriökohtien toimintaa vastaava palvelutaso.
- c) Arvosteltava tuloksia.



Ratkaisu:

a) Keskimatkanopeutta vastaava yleinen palvelutaso:

Taulukon 10.13 mukaan 30 km/h:n keskimatkanopeutta vastaa palvelutaso D, mutta tulos on lähellä palvelutasoa C.

b) Häiriökohtien perusteella määritetty palvelutaso:

Kuvan perusteella liittymä 1, tonttiliittymien kohta sekä liittymä 3 ovat tärkeimpiä häiriökohtia.

Liittymä 1:

Käytetään kuvaa 6.8.

Kuvaajaa vastaava liikennemäärä:

Kun asukasluku on 500 000 ja HTK = 0.85, saadaan kuvasta 6.8 kertoimeksi 1.06.

Kuvasta 6.8 saadaan lähiökeskusta vastaavaksi kertoimeksi 1.25.

Taulukosta 6.4 saadaan kertoimeksi 1.00, kun oikealle kääntyvien osuus on 10 %.

Taulukosta 6.5 saadaan kertoimeksi 1.05, kun vasempaan kääntyvien osuus on 5 %.

Koska liittymässä ei ole linja-autopysäkkiä, voidaan paikallisliikenteen linja-autot käsitellä kuorma-autoina. Linja-autojen osuus on $30/1100 = 2.7\%$ eli noin 3 %.

Taulukosta 6.6 saadaan kertoimeksi 0.99, kun kuorma-autojen osuus on $3\% + 3\% = 6\%$.

G/C-suhde = $35/70 = 0.50$.

Kuvaajaa vastaava liikennemäärä = $1100 / (1.06 \times 1.25 \times 1.00 \times 1.05 \times 0.99 \times 0.50) = 1597$ ajon./vihreä tunti perusolosuhteissa.

Saatua liikennemäärää 1597 ajon./vihreä tunti ja tulohaaran leveyttä 7.2 m vastaa kuormituskerroin 0.15, joten liittymä toimii palvelutasolla C.

Kuvan 6.8 mukaan välityskyky on 2100 ajon./vihreä tunti, käyttösuhte = $1597/2100 = 0.76$, joka taulukon 10.13 mukaan vastaa palvelutasoa C.

Tonttiliittymän kohta 2:

Kohdan tutkimiseksi on laadittava likimääräiset menetelmät.

Liikennemäärä = $1100 - 1100 \times (0.10 + 0.05) + 100 + 110 = 1145$ ajon./h.

Koska vastakkaissuunnasta tapahtuva kääntyminen häiritsee suoraan ajavia ajoneuvoja, on liikenne korttelin varrella "nykivää" samalla tavoin kuin liikennevaloin varustetussa liittymässä.

Oletetaan ko. kohdassa olevan liikenneva-

loin varustettu liittymä, jossa ei ole kääntyvää liikennettä, tulohaaran leveys 3.0 m, pysäköinti kielletty ja vihreän ajan osuus 70 % ($100 - 30$).

Kuvaajaa vastaava liikennemäärä = $1145 / (1.06 \times 1.25 \times 1.20 \times 1.30 \times 0.99 \times 0.70) = 800$ ajon./vihreä tunti perusolosuhteissa. (Kerroin 1.20 tulee oikealle kääntyvistä ja kerroin 1.30 vasempaan kääntyvistä ajoneuvoista.)

Kuvan 6.8 perusteella liikennemäärää 800 ajon./vihreä tunti ja tulohaaran leveyttä 3.0 m vastaa kuormituskerroin 0.9, jolloin palvelutaso on E eli hyvin lähellä välityskykyä.

Liittymä 3:

Liikennemäärä = $1145 - 100 - 80 = 965$ ajon./h.

Kertoimet:

Asukasluku ja HTK (kuva 6.8), kerroin 1.06.

Lähiökeskus (kuva 6.8), kerroin 1.25.

Oikealle kääntyviä 15 % (taulukko 6.4), kerroin 0.99.

Vasempaan kääntyviä 12 % (taulukko 6.5), kerroin 0.98.

Kuorma-autojen osuus 3 % (taulukko 6.6), kerroin 1.02.

30 linja-autoa/h, pysäkki ennen liittymää (kuva 6.11), kerroin 0.91

G/C-suhde = $25/70 = 0.36$.

Kuvaajaa vastaava liikennemäärä:

$965 / (1.06 \times 1.25 \times 0.99 \times 0.98 \times 1.02 \times 0.91 \times 0.36) = 2246$ ajon./vihreä tunti perusolosuhteissa.

Liikennemäärää 2246 ajon./vihreä tunti ja tulohaaran leveyttä 9.0 vastaa kuormituskerroin 0.5, joka on keskellä liittymien toiminnan palvelutasoa D.

Kuvan 6.8 mukaan on välityskyky 2700 ajon./vihreä tunti, käyttösuhte = $2246/2700 = 0.83$, joka vastaa palvelutasoa D taulukon 10.13 mukaan.

c) Johtopäätökset: Katu on kokonaisuudessaan verraten raskaasti kuormitettu. Yleensä se toimii lähellä palvelutason D ylärajaa ja yksittäiset liittymät kuuluvat palvelutasoille C ja D. (Kaupunkialueiden pääkaduilla katujakson ja liittymien palvelutasojen tulisi määritelmän mukaan olla verraten lähellä toisiaan.)

Korttelin keskiosalla olevat kaksi tonttiliittymää aiheuttavat kuitenkin huomattavan piste-mäisen häiriökohdan. Tämä kohta hallitsee katujakson välityskykyä voimakkaammin kuin liikennevaloin varustetut liittymät.

Esimerkki 10.7Tehtävä:Tunnetut olosuhteet:

Kaupunkialueella oleva yksisuuntainen pääkatu, jolla on lähes täydellinen liikennevalojen progressio.

Kadun leveys 13.2 m, ja sillä on 4 kpl 3.3 m leveitä ajokaistoja, pysäköinti kielletty. Reunakivien korkeus 15 cm.

Tasainen maasto.

Kuorma-autojen osuus mitätön.

Ei paikallisliikenteen linja-autoja.

Keskustan reuna-alue.

Kaupungin asukasluku 1 000 000.

Huipputuntikerroin 0.95.

Jalankulkijoista aiheutuvat häiriöt mitättömiä.

On määritettävä:

- Pääkadun välityskyky.
- Kuinka paljon katu voi ottaa vastaan sille saapuvia kääntyviä ajoneuvoja liittymässä 1.
- Kadun välityskyvyn suhde moottoritien välityskykyyn.

Ratkaisu:a) Välityskyvyt:

Käytetään kuvaa 6.5.

Täydellisessä progressiossa käytetään huipputuntikertoimena 0.95 ja kuormituskertoimena 0.95 (vertaa tekstiin).

Liittymä 1:

Ajoradan leveys on 13.2 m, kuormituskerroin 0.95, jolloin kuvasta saatava liikennemäärä on 4300 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Asukasluku 1 000 000 ja HTK = 0.95 (kuva 6.5), kerroin 1.22.

Keskustan reuna-alue (kuva 6.5), kerroin 1.10.

G/C-suhde = $35/70 = 0.50$.

Oikealle kääntyvien osuus mitätön (taulukko 6.4), kerroin 1.00.

Vasempaan kääntyvien osuus mitätön (taulukko 6.4), kerroin 1.00.

Kuorma-autojen osuus mitätön (taulukko 6.6), kerroin 1.05.

Ei paikallisliikenteen linja-autoja, kerroin 1.00.

Välityskyky = $4300 \times 1.22 \times 1.10 \times 0.50 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.05 \times 1.00 = 3030$ ajon./h.

Liittymä 2:

Samat korjauskertoimet kuin liittymässä 1 lukuunottamatta :

G/C-suhde = $40/70 = 0.57$.

Välityskyky = $3030 \times 0.57/0.50 = 3455$ ajon./h.

Liittymä 3:

Samat korjauskertoimet kuin liittymässä 2, koska tämän levyisillä kaduilla kääntyvistä ajoneuvoista johtuva korjauskerroin on 1.00 kääntyvien osuudesta riippumatta.

Välityskyky on 3455 ajon./h.

Huom: Vaikka kääntyvistä ajoneuvoista johtuva korjauskerroin ei muutu, voisi kääntyvien ajoneuvojen huomattava määrä häiritä liikennettä niin paljon, että progressio katkeaisi.

b) Arvostelu:

Liittymässä 1 välityskyky on 3030 ajon./h

Liittymissä 2 ja 3 välityskyky on 3455 ajon./h vihreän vaiheen pidentymisestä johtuen.

$3455 - 3030 = 425$ ajon./h.

Katu voi tätä välittää 120 liittymästä 1 saapuvaa ajoneuvoa, eli keskimäärin 2-3 ajon./jakso, jos liittymissä 2 ja 3 vihreän vaiheen alkuun lisätään 5 sekuntia, jotta nämä ajoneuvot (jotka joutuvat pysähtymään liittymässä 2 punaisen valon takia) voivat jatkaa matkaa liittymästä ennenkuin progression mukainen ajoneuvoryhmä saapuu.

c) Vertailu moottoritien välityskykyyn:

Kun moottoritien ajorata on 13.2 m leveä ja muut olosuhteet ihanteellisia, saadaan seuraavat arvot:

Taulukosta 9.1 ihanneolosuhteita vastaava välityskyky on 8000 ajon./h.

Taulukosta 9.2 saadaan leveydestä johtuvaksi korjauskertoimeksi 0.96.

$8000 \times 0.96 = 7680$ ajon./h.

Kun liikenne on liikkeessä 50 % ajasta, mikä vastaa kadun vihreätä aikaa, saadaan $7680 \times 0.50 = 3840$ ajon./h.

$3030/3840 = 0.79$.

Täten progressiivinen liikennevalojärjestelmä vihreän ajan perusteella määritettynä on välityskyvyltään n. 80 % vastaavan moottoritien välityskyvystä.

KESKIKAUPUNGIN KADUT

YLEISTÄ

Aikaisemmin tässä luvussa on käsitelty teiden ja katujen toimintaa ryhmiteltynä siten, että myöhemmin käsitellyissä ryhmissä tiedot ovat yhä enemmän palvelleet viereisiä maa-alueita verrattuna pelkän liikenteen palvelemiseen. Kuitenkin jopa kaupunkialueiden pääkaduilla on palvelutasoa A vastannut verraten korkea nopeus ja ajovapaus on ollut verraten suuri.

Kaupunkien liikekeskustoissa monien katujen pääasiallisin tehtävä on palvella paikallista liiketoimintaa sekä tehdä näiden saavuttaminen mahdolliseksi henkilöautoilla, paikallisliikenteen linja-autoilla ja kuorma-autoilla. Läpikulkevan liikenteen tehokas palvelu on yleensä toisarvoisessa asemassa, joskin tietyt tärkeät ja edullisesti sijaitsevat keskustan kadut voivat toimia pääkatujen tapaan pääasiassa työmatkaliikenteen aikoina. Normaalisti keskustan katujen liikenteestä huomattava osa on "kiertelevää" eikä siis suoraan ajavaa, minkä lisäksi jalankulkijoiden suuri määrä häiritsee huomattavaa osaa kääntyvistä ajoneuvoista. Liikennevirrassa on huomattavan paljon paikallisliikenteen linja-autoja sekä jakeluliikennettä suorittavia kuorma-autoja, jotka liiketoiminnalle arvokkaasta toiminnastaan huolimatta joka tapauksessa häiritsevät liikenteen joustavuutta, koska ne joutuvat pysähtelemään reunimmaisille ajokaistoille ja usein estävät näiden ajokaistojen tehokkaan käytön.

Nykyisten tietojen perusteella ei ole mahdollista laatia keskikaupungin katujaksoja koskevia, nopeuden ja liikennemäärän riippuvuutta osoittavia peruskuvauksia samasta syystä kuin aikaisemmin pääkatujen yhteydessä todettiin. Nykyisin käytävissä olevat keskikaupungin liikenteessä ilmenviä monimutkaisia riippuvuuksia koskevat tiedot eivät riitä edes esimerkinomaisten nopeuden ja käyttösuhteen riippuvuutta vastaavien kuvaajien laatimiseksi. Näennäisesti samanlaisten keskustan katujen välityskyky saattaa vaihdella huomattavasti erilaisista ympäristöolosuhteista johtuen.

Useimmat keskustan kadut toimisivat palvelutasolla F, jos toimivuutta mitattaisiin korkealuokkaisempien pääkatujen yhteydessä käytetyillä mittasuureilla. Ts. useat lähellä olevat korttelit vaikuttavat kadun toimintaan keskustan tietyn korttelin varrella, minkä lisäksi nopeudet ovat

niin alhaisia, että ne vastaavat alinta eli liikennevirran "murtumista" vastaavaa nopeuden ja liikennemäärän suhteen kuvaajaa, jolloin siis nopeuden vähäinenkin lisääntyminen lisäisi välitettyjä liikennemääriä.

Teoksen laatineen komitean mielestä ei keskikaupungin katujen pitkäkköjen, useita kortteleita käsittävien jaksojen toimintaa voida kuvata realistisesti muiden katujen toimintaa kuvaavilla ominaisuuksilla. Nykyisten tietojen perusteella komitea ei myöskään katso olevan mahdollista laatia menetelmiä, joilla kadun palvelutaso voitaisiin määrittää tunnetun liikennemäärän perusteella. On kuitenkin järkevää pyrkiä laatimaan ainakin alkeellisia, palvelutasoja kuvaavia arvoja tällaisillakin kaduilla, jolloin liikennemäärien perusteella voidaan palvelutasosta saada jonkinlainen kuva. Tällaiset vertailuarvot on esitetty taulukossa 10.14, joka vastaa komitean näkemyksiä olosuhteista, jotka keskimääräisen ajajan mielestä eri tasoilla tuntuisivat hyväksyttäviltä. Taulukko perustuu täysin keskimatkanopeuksiin. Niitä ei ole pyritty vertaamaan välitettyihin liikennemääriin, koska niin monet tekijät ja häiriökohtat vaikuttavat katujen toimintaan. Keskustan liikenteen erityisiä piirteitä ovat lähemmäs toisiaan sijaitsevat liittymät, jotka välittävät huomattavia kadun poikki liikkuvia ajoneuvoliikennemääriä sekä jalankulkuliikennettä. Tämä edellyttää, että liikennevalot joutuvat välittämään huomattavasti suuremman määrän poikittaisliikennettä kuin yleensä ulompien alueiden pääkaduilla. Koska kullakin liittymällä on omat erikoispiirteensä ja kääntyvää liikennettä on huomattavasti, jokainen tällainen liittymä useimmiten määrittelee sitä edeltävän korttelinosan mittaisen katujakson välityskyvyn. Täten useita kortteleita käsittävän katujakson toimintaa on lähes mahdotonta määrittellä ilman yksityiskohtaisia paikallisia tutkimuksia.

Edelliseen perustuen komitea suosittelee, että keskikaupungin katuja tarkasteltaessa tutkitaan ensin kunkin liittymän välityskyky ja palvelutasojen välityskyvyt luvussa 6 esitetyillä menetelmillä. Kun tiedetään kyseisellä katujaksolla käytetty matka-aika (ja siis keskimatkanopeus), voidaan tätä keskimääräistä palvelutasoa kuvaavaa suuretta verrata taulukon 10.14 arvoihin ja saada jonkinlainen kuva keskusta-alueella esiintyvistä yleisistä palvelutasosta.

Taulukko 10.14 KESKIKAUPUNGIN KATUJEN PALVELUTASOT

PALVELUTASO	LIIKENNEVIRRRAN OLOSUhteet (LIKIMÄÄRÄISTYKSIÄ, EI VOIDA SOVELTAA JÄYKÄSTI)	
	TYYPPI	KESKIMATKANNOPEUS (KM/H)
A	HÄIRIITYMÄTÖN LIIKENNEVIRTA (LÄHES; JOITAKIN PYSÄHDYKSIÄ ESIINTYY)	≤ 40
B	VAKAA LIIKENNEVIRTA (VIIVÄSTYKSET EIVÄT KOHTUUTTOMIA)	≤ 32
C	VAKAA LIIKENNEVIRTA (VIIVÄSTYKSET SELVIÄ, MUTTA HYVÄKSYTTÄVIÄ)	≤ 24
D	LÄHES EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTA (VIIVÄSTYKSET SIEDETTÄVIÄ)	≤ 16
E ^a	EPÄVAKAA LIIKENNEVIRTA (MUITAKIN KUIN EDELLÄ OLEVISTA JONOISTA JOHTUVIA RUUHKAUTUMIA)	ALLE 16, MUTTA PYSYY LIIKKEELLÄ
F	"PAKOTETTU" LIIKENNEVIRTA (TÄYSIN RUUHKAUTUNUT)	LIIKENNE "NYKI-VÄÄ"

^aPalvelutason E ei voida katsoa vastaavan koko kadun välityskykyä, koska välityskyky määräytyy kriittisimmän tai muun häiriökohdan välityskyvyn perusteella.

Esimerkkiratkaisuja - Keskustan kadut

Esimerkki 10.8

Tehtävä:

Tunnetut olosuhteet:

Keskustassa oleva neljän korttelin pituinen katujakso, jonka kaikki liittymät on varustettu liikennevaloin.

Kaksisuuntainen katu, pysäköintiolosuhteet kuvan mukaiset.

Kadun leveys reunakivestä reunakiveen 16.8 m.

Kaupungin asukasluku 175 000.

Huipputuntikerroin 0.85.

Liittymien toiminta ja liikenteen peruspiirteet on esitetty kuvassa.

Paikallisliikenteen linja-autoja 40 kpl tunnissa, pysäkit kuvien mukaisia.

Ei erillisiä ryhmittymiskaistoja tai kääntävää liikennettä varten varattuja liikennevalovaiheita.

Tarkastellaan lännestä itään suuntautuvaa liikennettä.

On määritettävä:

- Katujakson keskimääräinen palvelutaso, jos ajoaikamittaukset osoittavat keskimatkanopeuden olevan 22 km/h.
- Edellä määritettyä yleistä palvelutasoa vastaava liittymien välityskyky.
- Välityskyvyn määrävä liittymä, kun liikennemäärät ovat c-kohdassa esitetyn kuvan mukaisia.

Ratkaisu:

- Ajoikatutkimukset osoittavat keskimatkanopeuden olevan 22 km/h. Taulukon 10.14 mukaan tämä vastaa keskikaupungin katujen suoraan ajavan liikenteen palvelutasoa D.
- Liittymien palvelutason D välityskyvyt:

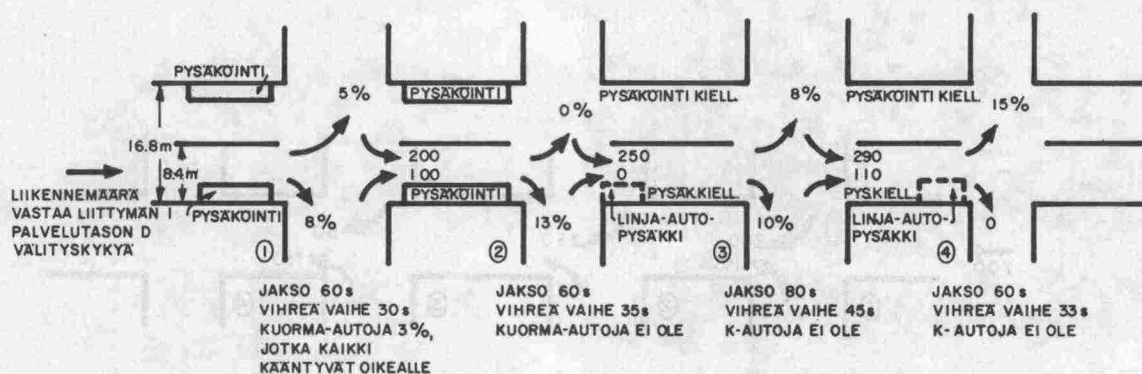
Liittymä 1:

Käytetään kuvaa 6.9.

Tulohaaran leveys 8.4 m ja kuormituskerroin 0.7, jolloin kuvasta saadaan liikennemääräksi 1550 ajon./vihreä tunti.

Korjauskertoimet:

Asukasluku 175 000 ja HTK = 0.85 (kuva 6.9), kerroin 0.97.



Keskusta-alue (kuva 6.9), kerroin 1.00.

G/C-suhde = $30/60 = 0.50$.

Oikealle kääntyvät ajoneuvot: Tässä liittymässä, jossa kaikki kuorma-autot kääntyvät, on erityistarkastelu tarpeen.

Noin 38 % kääntyvistä ajoneuvoista on kuorma-autoja, joiden henkilöautoekvivalentti on ainakin 2.

$$(62/100) \times 1 + (38/100) \times 2 = 1.38$$

Oletetaan kääntyvien ajoneuvojen vastaa-
van 11 % henkilöautoekvivalenteista (taulukko 6.4), kerroin 0.995.

Vasempaan kääntyviä ajoneuvoja 5 % (taulukko 6.5), kerroin 1.05.

Paikallisliikenteen linja-autoja 40 kpl/h, ei pysäkkiä. Käsitellään samalla tavalla kuin vastaava määrä kuorma-autoja, jolloin oletetaan niiden osuudeksi 5 %.

Kuorma-autoja on yhteensä 8 % (todellisia 3 %, lisäksi 5 % linja-autoja = 8 %).

Peruskorjauskerroin (taulukko 6.6), kerroin 0.97.

$$SV_D = 1550 \times 0.97 \times 1.00 \times 0.50 \times 0.995 \times 1.05 \times 0.97 = 760 \text{ ajon./h.}$$

Liittymä 2:

Käytetään jälleen kuvaa 6.9.

Korjauskertoimet:

Asukasluku ja HTK, kerroin 0.97.

Liikekeskusta, kerroin 1.00.

G/C-suhde = $35/60 = 0.58$.

Oikealle kääntyviä 13 %, kerroin 0.985.

Vasempaan kääntyviä 0 %, kerroin 1.10.

Kuorma-autoja 0 %, kerroin 1.05.

Linja-autoja 40, pysäkki liittymän jälkeen (kuva 6.14), kerroin 1.00 (maksimi-arvo).

$$SV_D = 1550 \times 0.97 \times 1.00 \times 0.58 \times 0.985 \times 1.10 \times 1.05 \times 1.00 = 992 \text{ ajon./h.}$$

Liittymä 3:

Käytetään kuvaa 6.8.

Tulohaaran leveys 8.4 m ja kuormitus-
kerroin 0.7, jolloin kuvaajasta saadaan liikennemääräksi 2250 ajon./h.

Korjauskertoimet:

Asukasluku ja HTK (kuva 6.8), kerroin 0.97.

Liikekeskusta (kuva 6.8), kerroin 1.00.

G/C-suhde = $45/80 = 0.56$.

Oikealle kääntyviä 10 %, kerroin 1.00.

Vasempaan kääntyviä 8 %, kerroin 1.02.

Linja-autoja 40, ei pysäkkiä, kerroin 1.05 (kuvaa tarkastelemalla todetaan, että 40 linja-autoa vastaa noin 3 prosenttia, ja ne voidaan käsitellä kuorma-autoina).

Kuorma-autoja 0 %, lisäksi linja-autoja 3 %, kerroin 1.02.

$$SV_D = 2250 \times 0.97 \times 1.00 \times 0.56 \times 1.00 \times 1.02 \times 1.05 \times 1.02 = 1335 \text{ ajon./h.}$$

Liittymä 4:

Käytetään jälleen kuvaa 6.8.

Korjauskertoimet:

Asukasluku ja HTK, kerroin 0.97.

Liikekeskusta, kerroin 1.00

G/C-suhde = $33/60 = 0.55$.

Oikealle kääntyviä 0 %, kerroin 1.025.

Vasempaan kääntyviä 15 %, kerroin 0.95.

Kuorma-autoja 0 %, kerroin 1.05.

Linja-autoja 40, pysäkki ennen liittymää (kuva 6.11), kerroin 0.82.

$$SV_D = 2250 \times 0.97 \times 1.00 \times 0.55 \times 1.025 \times 0.95 \times 1.05 \times 0.82 = 1006 \text{ ajon./h.}$$

Palvelutason D välityskyvyt:

Liittymä 1 = 760 ajon./h

Liittymä 2 = 992 ajon./h

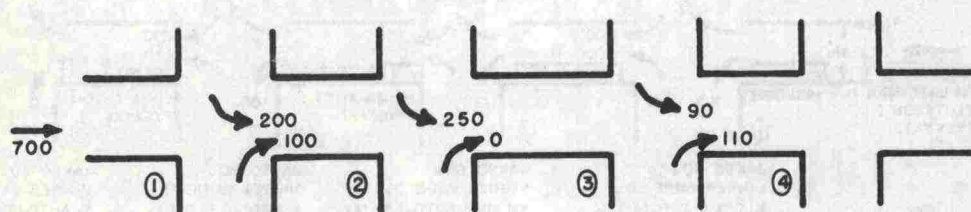
Liittymä 3 = 1335 ajon./h

Liittymä 4 = 1006 ajon./h

Liittymä 1 näyttää määrävän katujakson välityskyvyn.

c) Tarkistetaan määrävä liittymä uudelleen:

Erityisesti kaupunkialueella, jossa poikittaiskaduilta todennäköisesti saapuu tarkasteltavalle kadulle verraten paljon liikennettä, on liikenteen todelliset reittikaaviot tarkistettava uudelleen, ennenkuin määrävästä liittymästä tehdään lopulliset johtopäätökset. Oletetaan kadulle saapuvat liikennemäärät kuvan mukaisiksi:



Liittymä 1:

Tulohaaralla on	700 ajon.
Erkaneen sivukaduille $700(0.05 + 0.08) =$	- 91 ajon.
Saapuu sivukaduilta $200 + 100 =$	<u>+300 ajon.</u>
Yhteensä	909 ajon.

Liittymä 2:

Saapuva liik.määrä $909 < 992$, joka oli SV_D
 Liittymä 2 toimii tyydyttävästi.
 Erkaneen sivukaduille $909 \times 0.13 = -118$
 Sivukaduilta saapuu 250
 Yhteensä 1041

Liittymä 3:

Saapuva liik.määrä $1041 < 1335$, joka oli SV_D
 Liittymä 3 toimii tyydyttävästi.
 Erkaneen sivukaduille $1041 \times 0.18 = -187$
200
 Yhteensä 1054

Liittymä 4:

Tulohaaralla $1054 > 1006$, joka oli SV_D .
 Liittymä 4 ei toimi tyydyttävästi.

Johtopäätös:

Vaikka ensimmäisessä vaiheessa liittymä 1 näytti määräävältä palvelutason välityskyvyn perusteella määritettynä, jatkotutkimukset osoittivat, että liikenteenjakautuman ollessa kuvan mukainen liittymä 4 on kriittisempi. Tämä liittymä saavuttaa välityskyvyn ensiksi ja aiheuttaa muihin liittymiin asti ulottuvia jonoja.

Esimerkki osoittaa, että kun keskustan tavallisen kadun tai pääkadun kääntyvät liikennemäärät ovat huomattavia, saattaa ilmeinen häiriökohta lopulta-kin olla vähemmän määräävä kuin miltä aluksi näyttää.

LÄHDELUETTELO

1. HORN, J. W., CRIBBINS, P. D., BLACKBURN, J. D., and VICK, C. E., JR., "Effects of Commercial Roadside Development on Traffic Flow in North Carolina." *HRB Bull.* 303, pp. 76-93 (1961).
2. SCHWENDER, H. C., NORMANN, O. K., and GRANUM, J. O., "New Methods of Capacity Determination for Rural Roads in Mountainous Terrain." *HRB Bull.* 167, pp. 10-37 (1957).
3. *Traffic Speed Trends*. U.S. Bureau of Public Roads (Mar. 1965 and earlier years).
4. FRENCH, A., "Capacities of One-Way and Two-Way Streets with Signals and with Stop Signs." *Public Roads*, Vol. 28, No. 12 (Feb. 1956).
5. CARTER, A. A., "Increasing the Traffic-Carrying Capability of Urban Arterial Streets (The Wisconsin Avenue Study)." U.S. Govt. Printing Office (1962).



Liikenne sujuu neljällä ajokaistalla, koska kadulla on pysäköinti toisella puolella kielletty liikenteen huippujaksoina.

LUKU 11

JULKINEN LINJA-AUTOLIIKENNE

JOHDANTO

Eri kaupunkialueiden väestötiheydet ja maankäyttö poikkeavat suuresti toisistaan, mistä johtuen työmatkaliikenteen huippujen välittämiseen käytetyt kulkumuodot vaihtelevat vastaavasti. Taulukossa 11.1 on esitetty julkisen liikenteen osuuksia keskustaan huipputuntina saapuvasta liikenteestä eri kaupungeissa.

Kaikki julkisen liikenteen eli joukkoliikenteen muodot eivät joudu suoranaisesti tekemisiin teiden välityskyvyn tai palvelutason kanssa. Tässä luvussa julkisella liikenteellä tarkoitetaan linja-autoliikennettä, joka liikennöi kaupunkialueiden teillä ja kaduilla. Täten termit "linja-autoliikenne" ja "julkinen liikenne" tarkoittavat tässä luvussa samaa asiaa.

Koska kaupunkialueiden asianmukaisesti suunnitellut pääkadut ja tiet ovat yleensä samansuuntaisia kuin kaikkien, erityisesti liikekeskustaan suuntautuvien tai sieltä poistuvien liikennemuotojen toivelinjat, julkinen liikenne voi vähentää tei-

Taulukko 11.1-JULKISEN LIIKENTEEN OSUUS HUIPPU-TUNNIN AIKANA LIIKEKESKUSTAAN SAAPUVASTA LIIKENTEESTÄ

KAUPUNKISEUTU	VUOSI	KAIKKIEN JULKISEN LIIKENTEEN MUOTOJEN OSUUS LIIKEKESKUSTAAN SAAPUVISTA HENKILÖISTÄ (%)
CHICAGO, ILL.	1960	86
NEW YORK, N.Y.	1962	85
NEWARK, N.J.	1960	80
PHILADELPHIA, Pa.	1955	57
CLEVELAND, OHIO	1960	56
SAN FRANCISCO, CALIF.	1959	46
LOS ANGELES, CALIF.	1960	34
HOUSTON, TEX.	1963	23

den ruuhkautumia huomattavasti ja lisätä sekä vanhojen että uusien teiden välityskykyä henkilömatkoina mitattuna (1, 2). Vaikka linja-autot kokonsa ja toimintaominaisuuksiensa vuoksi tarvitsevat ajoneuvoa kohti enemmän katu- tai tiealaa kuin henkilöautot, kuljettavat julkisen liikenteen ajoneuvot yksikköä kohti huomattavasti useampia matkustajia kuin henkilöautot ja vähentävät tällä tavoin liikennevirrassa olevien ajoneuvojen kokonaislukumäärää.

Henkilöautojen ja linja-autojen välinen suhde liikennevirrassa riippuu matkustajien valinnasta sekä linja-autojen osalta liikennöijän määräämistä linja-autojen lukumäärästä, jolla pyritään välittämään tietyn väylän julkinen henkilöliikenne tyydyttävästi (1). Kun liikennevirran koostumus tunnetaan, voidaan eri väylien välityskyvät ajoneuvomäärinä määrittää tämän kirjan avulla.

Julkinen liikenne käyttää teitä useilla tavoilla. Paikalliskatujärjestelmää pitkin päästään julkisella liikenteellä asunto- tai liikealueille. Sekä paikalliset että pitempiamatkaiset linja-autoreitit käyttävät pääkatuja. Käyttämällä sekä paikalliskatuja että pääkatuja voidaan muodostaa paikallisia pikabussijärjestelmiä tai yhteyksiä tärkeimpien raide- tai linja-autoliikenneasemien lähellä oleville pysäköintialueille. Moottorikaduilla ja pääkaduilla julkinen pikaliikenne voi liikennöidä joko muun liikenteen seassa tai omilla erillisillä ajokaistoillaan. Uusia pääkatuja rakennettaessa voidaan julkisen liikenteen palvelua parantaa huomattavasti (2).

Tässä luvussa käsitellään teiden välityskykyä linja-autojen kannalta niiden liikennöidessä muun liikenteen seassa. Linja-autojen toimintaa erillisillä ajokaistoilla ja näiden ajokaistojen välityskykyä käsitellään myös jonkin verran. Viimeksi mainituista tiedoista ei kuitenkaan ole vielä suoritettu laajoja tutkimuksia, jotka todistaisivat ne oikeiksi. Tämän vuoksi ne esitetään vain informaatiomielessä.

JULKISEN LIIKENTEEN VAIKUTUS TIEN VÄLITYSKYKYYN

Julkinen liikenne liikennöi teillä yleensä eräänä sekaliikenteen osana käyttäen pääkatuja, paikalliskatuja ja muita yhteyksiä yhdessä henkilöautojen ja kuorma-autojen kanssa. Täten linja-autot hyötyvät vapaan ja nopean liikennöimisen mahdollistavista teistä, mutta vastaavasti tiellä esiintyvät viivästykset kohdistuvat myös julkiseen liikenteeseen.

Teillä ja kaduilla liikennöivät linja-autot muodostavat yleensä vain pienen osan ajoneuvoliikenteestä. Linja-autojen huipputuntina havaittuja liikennemääriä eri olosuhteissa on esitetty tau-

luoissa 11.2 - 11.6. Näissä taulukoissa esitetyt havainnot eivät vastaa korkeimpia mahdollisia linja-automääriä eivätkä korkeimpia mahdollisia kokonaisliikennemääriä. Tien sekaliikennemääränä ilmaistua välityskykyä on käsitelty tämän kirjan aikaisemmissa luvuissa, jolloin henkilöautoyksiköinä määritetty välityskyky muunnettiin sekaliikennemääräksi korjauskertoimilla, jotka riippuivat pitkämatkaisten tai paikallisten linja-autojen osuudesta liikennevirrassa. Katkeamattoman liikennevirran olosuhteita käsiteltiin luvussa 5, ja liittymiä ja niiden välityskykyä luvussa 6. Liittymien välityskykyä määritettäessä on muistettava, että linja-autot huomioon ottava menetelmä koskee ainoastaan paikallisliikenteen linja-auto-

Taulukko 11.2 - TAVALLISILLA KADUILLA HAVAITTUJA LINJA-AUTOMÄÄRIÄ HUIPPUTUNTINA, KUN PYSÄKÖINTI ON KIELLETTY^a

KAUPUNKI	KATU	KATUJAK- SON PI- TUUS (KM)	AJOKAIS- TOJA YH- TEEN LII- KENNE- SUUNTAAN	KATUA KÄYT- TÄVIEN LIN- JA-AUTOREIT- TIEN LUKU- MÄÄRÄ	PYSÄKKIEN LUKUMÄÄRÄ KATUJAK- SOLLA	LINJA-AUTOLIIKENNE		HENKILÖ- AUTOJA
						LINJA-AUTO- JEN LUKU- MÄÄRÄ	AIKA- VÄLI (MIN)	
NEW YORK	HILLSTIDE AVE.	1,0	3	9	6	150	0,4	-
SAN FRANCISCO	MARKET ST.	1,8	3	8	8	130	0,5	730
CLEVELAND	EUCLID AVE.	1,6	3	7	10	90	0,7	860
CHICAGO	MICHIGAN AVE.	0,5	3	9	4	175	0,3	1 416
BALTIMORE	BALTIMORE ST.	1,3	2	3	11	76	0,8	-
DALLAS	COMMERCE ST.	1,0	5	10	8	68	0,9	-
CHICAGO	63 RD ST.	16,6	2	2	93	40	1,5	904
ATLANTA	PEACHTREE ST.	0,5	2	6	3	66	0,9	770
NEW YORK	FULTON ST.	1,0	2	5	5	75	0,8	-
ST. LOUIS	WASHINGTON ST.	2,4	3	4	13	30	2,0	572
NEW ORLEANS	BARONNE ST.	1,1	2	3	6	45	1,4	722
NEW ORLEANS	TULANE AVE.	1,1	3	1	7	30	2,0	1 398

^aTarkasteltavalla suunnalla.

Taulukko 11.3 - TAVALLISILLA KADUILLA HAVAITTUJA LINJA-AUTOMÄÄRIÄ HUIPPUTUNTINA, KUN LINJA-AUTOILLE ON VARATTU ERILLINEN AJOKAISTA^a

KAUPUNKI	KATU	KATUJAK- SON PI- TUUS (KM)	AJOKAIS- TOJA YH- TEEN LII- KENNE- SUUNTAAN	KATUA KÄYT- TÄVIEN LIN- JA-AUTOREIT- TIEN LUKU- MÄÄRÄ	PYSÄKKIEN LUKUMÄÄRÄ KATUJAK- SOLLA	LINJA-AUTOLIIKENNE		HENKILÖ- AUTOJA
						LINJA-AUTO- JEN LUKU- MÄÄRÄ	AIKA- VÄLI (MIN)	
ROCHESTER	MAIN ST.	0,8	3	9	7	93	0,6	932
CHICAGO	WASHINGTON BLVD.	0,8	5	5	7	66	0,9	1 152
ATLANTA	PEACHTREE ST.	0,5	3	6	3	67	0,9	1 100
DALLAS	COMMERCE ST.	1,0	5	10	8	67	0,9	-
BIRMINGHAM	2 ND AVE, NORTH	1,3	4	8	7	44	1,4	1 413
BALTIMORE	CHARLES ST.	3,4	3	2	22	38	1,6	-

^aTarkasteltavalla suunnalla.

ja, jotka pysähtyvät katuvarsipysäkeillä, ja pitkämatkaiset linja-autot käsitellään samoin kuin kuorma-autot.

Linja-autojen liikennöiminen saattaa keskittyä voimakkaasti joihinkin tieverkon osiin ja olla niillä suurempi kuin tämän kirjan eri luvuissa esitetyt kaupallisen liikenteen prosenttiosuudet. Pitkämatkaisten linja-autojen osuus saattaa olla huomattava esimerkiksi suurten kaupunkien läheisyydessä olevilla vesistösilloilla samoin kuin linja-autojen määrä yleensä keskikaupungin merkittävimmillä kaduilla.

Katkeamaton liikennevirta

Erilaisia tutkimuksia on suoritettu olosuhteissa, joissa linja-autojen osuus on huomattavan korkea, jotta voitaisiin määrittää linja-autojen ja hen-

kilöautojen välinen suhde välityskyvyn kannalta. Esimerkiksi kesäkuussa 1962 Port of New York Authority suoritti tutkimuksen Lincoln-tunnelin pohjoispuolisessa tunneliosassa, joka on kaksikaistainen ja yksisuuntainen. Tutkimus koski yhtä tunnelin ajokaistaa (3). Tutkimuskohta sijaitsi tasaisella osalla suunnilleen 2,4 km (1.5 mi.) pitkän tunnelin keskiosassa. Kunkin ajoneuvon etu- ja takaosan välinen, tietyn pisteen ohittamiseen käyttämä aika mitattiin tunnelin kahdessa pisteessä automaattisilla laskentaja rekisteröintimenetelmillä. Tämän jälkeen tietokoneohjelmalla laadittiin yhteenvetoja ajoneuvojen ominaisuuksien vaihtelusta määrittämällä mm. ajoneuvojen nopeus, pituus ja aikavälit.

Tutkitulla ajokaistalla henkilöautojen osuus oli 60 %, linja-autojen 32 % ja kuorma-autojen 8 %. Kaikkiaan kerättiin 3200 ajoneuvoa koskevat tie-

Taulukko 11.4 - TAVALLISILLA KADUILLA HAVAITTUJA PIKABUSSIJÄRJESTELMÄN LIIKENNEMÄÄRIÄ HUIPPUTUNTINA^a

KAUPUNKI	KATU	KATUJAK- SON PI- TUUS (KM)	AJOKAIS- TOJA YH- TEEN LII- KENNE- SUUNTAAN	KATUA KÄYT- TÄVIEN LIN- JA-AUTOREIT- TIEN LUKU- MÄÄRÄ	PYSÄKKIEN LUKUMÄÄRÄ KATUJAK- SOLLA	LINJA-AUTOLIIKENNE		HENKI- LÖAU- TOJA
						LINJA-AUTO- JEN LUKU- MÄÄRÄ	AIKA- VÄLI (MIN)	
ST. LOUIS	GRAVOIS ST.	2,1	5	7	2	66	0,9	1 531
CLEVELAND	CLIFTON BLVD.	8,0	3	1	22	32	1,9	1 803
CHICAGO	ARCHER AVE.	17,7	4	1	33	29	2,1	700
SAN FRANCISCO	VAN NESS/BROADWAY/ STOCKTON	3,1	1-3	1	1	17	3,5	1 540
NEW ORLEANS	EARHART BLVD.	3,2	2	2	0	25	2,4	1 357

^aTarkasteltavalla suunnalla.

Taulukko 11.5 - MOOTTORIKADUILLA HAVAITTUJA PIKABUSSIJÄRJESTELMÄN LIIKENNEMÄÄRIÄ HUIPPUTUNTINA^a

KAUPUNKI	KATU	KATUJAK- SON PI- TUUS (KM)	AJOKAIS- TOJA YH- TEEN LII- KENNE- SUUNTAAN	KATUA KÄYT- TÄVIEN LIN- JA-AUTOREIT- TIEN LUKU- MÄÄRÄ	PYSÄKKIEN LUKUMÄÄRÄ KATUJAK- SOLLA	LINJA-AUTOLIIKENNE		HENKI- LÖAU- TOJA
						LINJA-AUTO- JEN LUKU- MÄÄRÄ	AIKA- VÄLI (MIN)	
CHICAGO	LAKE SHORE DR.	4,8	6	8	0	99	0,6	3 463
CLEVELAND	SHOREWAY WEST	5,1	4	1	1	32	1,9	6 340
SAN FRANCISCO	BAYSHORE FWY.	4,5	3-4	3	0	35	1,7	6 800
LOS ANGELES	HOLLYWOOD FWY.	6,4	4	5	1	41	1,5	8 010
ST. LOUIS	MARK TWAIN EXPWY.	19,0	2-4	8	4	52	1,2	4 639
ATLANTA	NORTH EXPWY.	2,4	3	6	0	19	3,2	4 915
DALLAS	CENTRALA EXPWY.	1,9	3	6	0	30	2,0	4 380
ST. LOUIS	3 RD ST. EXPWY.	2,6	3	4	0	29	2,1	3 600
PHILADELPHIA	SCHUYLKILL EXPWY.	9,7	3	1	0	18	3,3	4 335
ST. LOUIS	DANIEL BOONE EXPWY.	10,5	2	2	3	10	6,0	3 905

^aTarkasteltavalla suunnalla.

Taulukko 11.6 - RAMPPILIITTYMISSÄ, TUNNELIEN TULOHAAROILLA, TUNNELEISSA JA SILLOILLA HAVAITTUJA PIKABUSSIJÄRJESTELMÄN LIIKENNEMÄÄRIÄ HUIPPUTUNTINA

KAUPUNKI	KATU	KATUJAK- SON PI- TUUS (KM)	AJOKAIS- TOJA YH- TEEN LIIKEN- NESUUN- TAAN	KATUA KÄYT- TÄVIEN LIN- JA-AUTO- REITTIIEN LUKUMÄÄRÄ	PYSÄKKIEN LUKUMÄÄRÄ KATUJAK- SOLLA	LINJA-AUTO- LIIKENNE		HENKI- LÖAU- TOJA
						LINJA- AUTOJEN LUKU- MÄÄRÄ	AIKA- VÄLI (MIN)	
NEW YORK	P.A. LINJA-AUTOASEMA	0,5	2	53	0	511	0,12	-
UNION CITY, N.J.	ROUTE 3	0,6	3	50	0	397	0,15	2 753
NEW YORK	LINCOLN TUNNELI	2,4	2	50	0	527	0,11	1 882
SAN FRANCISCO	S.F.-OAKLAND BAY SILTA	8,4	5	14	0	216	0,28	6 185
NEW YORK	GEORG WASHINGTON SILTA	1,8	4-5	28	0	136	0,44	3 659

^aTarkasteltavalla suunnalla.

dot. Aineistoon sisältyi 1200 tapausta, joissa oli peräkkäin kaksi henkilöautoa ja lähes 400 tapausta, jolloin kaksi linja-autoa oli peräkkäin. Näiden kahden tapauksen välisiä aikavälien ja nopeuksien eroja verrattiin toisiinsa. Tulokset osoittivat, että kahden henkilöauton välinen lyhin aikaväli oli 2.39 s nopeuden ollessa 34.7 km/h ja kahden linja-auton välinen lyhin aikaväli 3.49 s nopeudella 39 km/h. Aikavälien erot olivat suurimmillaan 1.3 s nopeuden ollessa 22.5 km/h ja pienimmillään 1.0 s nopeuden ollessa 66 km/h. Minimiaikavälien ero oli siis 1.1 s.

Lyhimpiä aikavälejä vertaamalla päädytään tulokseen, että linja-auto vastaa 1.46 henkilöautoa. Kun nopeudet kasvoivat 22.5 km/h:sta 66 km/h:iin aleni henkilöautoekvivalentti 1.53:sta 1.36:een todennäköisesti siksi, että linja-autojen rakenteellisesti suurempi pituus vaikuttaa merkitsevämmän pienillä nopeuksilla. Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkimuksen mukaan linja-autojen henkilöautoekvivalentti vaihtelee nopeudesta riippuen, mutta on suunnilleen 1.5 liikennevirran ajaessa tunnelissa.

Bureau of Public Roads on suorittanut koko liitovaltiota koskevan tutkimuksen moottorikatujen sekaliikennemääristä, joissa linja-autojen osuudet olivat suhteellisen suuria (4). Tutkimuksessa merkittiin muistiin yksityiskohtaisesti useiden tuhansien ajoneuvojen nopeudet ja matkavälit, ja se osoitti, että linja-autot vastaavat yleensä 1.6 henkilöautoa sekä moottorikaduilla, että moottoriteillä. Tämä kerroin näyttää yhtä oikealta kullakin ajokaistalla liikenteen käyttönopeuden normaalilla vaihtelualueella.

Tutkimuksessa tarkasteltiin mm. seuraavia kohteita:

1. Route 3:n Lincoln Tunneliin johtavia tulohaaroja. New Jersey (New York City'n alueella).
2. Lincoln Tunnelin Center Tube. New Jersey (New York City'n alueella).

3. Shoreway West, Cleveland, Ohio.
4. Lakeshore Drive, Chicago, Illinois.
5. Mark Twain Expressway, St. Louis, Montana.
6. Bayshore Freeway, San Francisco, California.
7. San Francisco - Oakland, Bay Bridge, California (tilapäisesti vain linja-autoille varattu ajokaista alemmalla kannella).

Bureau of Public Roads'in suorittama aikaisempi, sekaliikennettä koskeva tutkimus Shirley Highway'llä lähellä Washington, D.C:tä osoitti ker-toimen olevan 1.7 ja erään linja-autojen valmistajan testiradalla suorittama tutkimus antoi arvoksi 1.4.

Näiden useiden havaintojen samankaltaisuus osoittaa, että joko omilla ajokaistoillaan tai liikenteen seassa liikennöivien, liikkeellä olevien linja-autojen ekvivalenttikerroin on suunnilleen 1.6 henkilöautoa katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa lähes kaikilla palvelutasoilla.

Katkeamaton liikennevirta vain linja-autoille varatuilla ajokaistoilla

Katkeamattoman liikennevirran olosuhteissa voidaan yksinomaan linja-autoille varatun ajokaistan välityskyky tai eri palvelutasojen välityskyvyt määrittää soveltamalla henkilöautoekvivalenttia 1.6 henkilöautoyksikköinä laskettuun välityskykyyn tai vastaavan palvelutason välityskykyyn. Jos esimerkiksi tien yhden ajokaistan välityskyky on 1500 hay/h, vastaisi sen välityskyky 940 linja-autoa tunnissa. Jos palvelutason C välityskyky on 1100 hay/h, on vastaava linja-autojen lukumäärä 690 la/h. Tällaiset katkeamattoman liikennevirran olosuhteet edellyttävät luonnollisesti, että yksikaistaisella tiellä linja-autopysäkit sijaitsevat ajokaistan ulkopuolella ja että pysäkkien yhteyteen on rakennettu riittävät kiihdytys- ja hidastuskaistat.

Katkaistu liikennevirta (liittymien välityskyky)

Paikallisliikenteen linja-autojen vaikutukset liittymien tulohaarojen liikennemääriin riippuvat useista tekijöistä, mm. linja-autojen lukumäärästä, linja-autojen mahdollisesta pysähtymisestä pysäkeille sekä pysäkkien sijainnista. Näitä vaikutuksia on käsitelty luvussa 6. Edellä esitettyä ekvivalenttikerrointa 1.6 ei voida soveltaa katkaistun liikennevirran olosuhteisiin, ja tähän asti saadut kokemukset näyttävät osoittavan, ettei yhtä, kaikkia olosuhteita kattavaa korjauskerrointa voida määrittää.

Erilliset linja-autokaistat kaupunkien kaduilla

Useissa kaupungeissa on joko rakennettu tai suunniteltu julkiselle paikallisliikenteelle varattu ja erillisiä ajokaistoja, jotka parantaisivat liikenteen sujuvuutta. Koska linja-autot pysähtyvät näillä ajokaistoilla ottaakseen ja jättääkseen matkustajia, vaikuttanevat seuraavassa esitettävät linja-autojen kuormaus- ja purkamisajat huomattavasti näiden ajokaistojen välityskykyyn. Tämän kirjan laatimisajankohtana oli käytettävissä vain vähän tutkimustuloksia erillisten linja-autokaistojen toiminnan parantumisesta. Merkitseviä "ennen-jälkeen" tutkimuksia ei ole voitu suorittaa useissakaan tapauksissa, koska linja-autokaistojen rakentaminen on ollut vain osa yleisestä kadunparantamissuunnitelmasta, jolloin on samalla lisätty uusia liikenteen ohjauslaitteita sekä toisinaan muutettu katu kaksisuuntaiseksi. Ainakin yhdessä tapauksessa on kaksisuuntaista pääkatua muutettu siten, että progressiivisella liikennevalojärjestelmällä otettiin huomioon linja-autoliikenteen keskimääräiset viivästykset linja-autopysäkeillä ja täten suositettiin julkista liikennettä. Samaan aikaan muiden samansuuntaisten katujen liikennevalot jaksotettiin siten, että ne suosivat henkilöautoja. Erillisten linja-autokaistojen suunnittelussa on erittäin merkitsevinä tekijänä otettava huomioon, määrätäänkö linja-autot käyttämään vain omaa ajokaistaansa, vai saavatko ne käyttää muitakin ajokaistoja. Jos linja-autot määrätään vain omalle ajokaistalleen, saattaa muodostua pitkiä linja-autojonoja, jotka hidastavat liikennöintiä. Jos linja-autot taas saavat käyttää muita ajokaistoja, saattavat linja-autojen suoritamat ohitukset vaikuttaa negatiivisesti muiden ajokaistojen liikenteeseen. Institute of Traffic Engineers on laatinut luettelon olosuhteista, jotka edellyttäisivät erillistä ajokaistaa (5). Tätä luetteloa voidaan käyttää suunnittelussa apuna.

Linja-autojen ja henkilöautojen liikennemääristä kaduilla, joilla on rakennettu erilliset linja-autokaistat, on annettu tietoja taulukossa 11.3.

Nämä arvot eivät aina edusta korkeimpia mahdollisia liikennemääriä.

LINJA-AUTOPYSÄKKIEN TOIMINTA

Tavallisilla kaduilla olevat linja-autopysäkit

Kuten luvussa 6 esitettiin, kadun varrella sijaitsevien linja-autopysäkkien sijainti joko ennen liittymää, sen jälkeen tai korttelin keskiosalla saattaa vaikuttaa merkittävästi sekä julkisen liikenteen toimintaan että kadun välityskykyyn yleensä. Yksikäsitteisiä toimivuutta kuvaavia suureita ei voida määrittää. Pyrkimys tehokkaaseen julkisen liikenteen toimintaan, joka olisi samalla sopusoinnussa muun liikenteen toiminnan kanssa, edellyttää kunkin pysäkin kohdalta yksittäisiä tutkimuksia.

Jos linja-autot saapuvat liittymään yleensä siten, että ne joutuvat odottamaan punaisen liikennevalon takia, olisi käytettävä ennen liittymää sijaitsevaa linja-autopysäkkiä, jolloin voidaan yhdistää liikennevaloista ja matkustajien ottamisesta tai jättämisestä johtuvat viivästykset. Tällöin julkisen liikenteen toiminta yleensä nopeutuu. Jos linja-autot saapuvat liittymään tavallisesti vihreän vaiheen aikana, jolloin liikennevalo saattaisi siis muuttua punaiseksi linja-auton ollessa pysäkillä, toimii liittymän jälkeen sijaitseva pysäkki vähimmin viivästyksin. Nämä eivät kuitenkaan ole ainoat suunnitteluperusteet. Lisäksi on otettava huomioon esimerkiksi oikealle kääntyvät ajoneuvot, jolloin ennen liittymää sijaitsevalla linja-autopysäkillä olevista linja-autoista johtuvia häiriöitä on verrattava linja-autopysäkestä saatuun etuun, koska se toimii oikeana ryhmittymiskaistana ellei linja-auto ole sillä. Tällaisessa tapauksessa tehtävä päätös riippuu tavallisesti linja-autojen liikennöintitiheydestä kyseisellä pysäkillä. Toisena huomioon otettavana tekijänä on turvattava matkustajien mukava siirtyminen reitiltä toiselle kahden linja-autoreitin risteämispisteessä.

Linja-autoreitin tietyn palvelutason välityskyky saattaa määräytyä linja-autopysäkkien toimintakyvystä matkustajien mukaanottamis- tai poisjättämisvaiheessa. Vastaavalla tavalla liikenteenvälityskykykin saattaa määräytyä pysäkkien perusteella, jos näillä on riittämättömästi tilaa. Kukin ajoneuvo edellyttää tiettyä pysähtymisaikaa pysäkillä. Tämä aika vaihtelee linja-autoon nousevien ja siitä poistuvien matkustajien lukumäärästä riippuen. Linja-autopysäkin kullakin linja-autopaikalla käyvien linja-autojen aikavälit riippuvat täten linja-autoihin nousevien ja niistä poistuvien matkustajien lukumäärästä sekä pysäkillä olevien linja-autopaikkojen luvusta. Lisäksi liikennemäärää voidaan jonkin verran li-

sätä, jos linja-autot voivat ohittaa toisensa saapuessaan pysäkin linja-autopaikoille tai poistuessaan niiltä.

Tällaisten pysähdysaikojen yksityiskohtainen tutkiminen ei kuulu tämän käsittelyn alaan. Taulukossa 11.7 on esitetty yhteenveto yhden matkustajan vaatimasta linja-autoon nousemis- tai siitä poistumisajasta linja-auton yhdellä ovella. Ajoneuvokohtaiset keskimääräiset pysähdysajat voidaan määrittää näiden arvojen perusteella.

Kadun varrella sijaitsevan linja-autopysäkin välittäminen linja-autojen lukumäärä riippuu pääasiassa linja-auton pysähdysajasta ja vähemmässä määrin pysäkillä olevien linja-autopaikkojen lukumäärästä, kun kohtuuttoman pitkiä autojonoja (ja niistä johtuvia odotusaikoja) halutaan välttää. Linja-autopaikkoja (eli linja-autopysäkin pituutta) lisättäessä välityskyky kasvaa, mutta paikkaa kohti laskettu välityskyky alenee linja-autopaikkojen lukumäärän lisäntyessä. Näis-

Taulukko 11.7 - LINJA-AUTOON NOUSEVIEN JA SIITÄ POISTUVIEN MATKUSTAJIEN KÄYTTÄMÄ AIKA (LINJA-AUTON PYSÄHDYSAIKA)

TILANNE	OLOSUHTEET	AIKA ^a (s)
AUTOSTA POISTUMINEN	VÄHÄN MATKATAVAROITA JA LINJAN VAIHTOJA	1 1/2-2 1/2
	KOHTUULLISESTI MATKATAVAROITA TAI MONIA VAIHTOJA	2 1/2-4
	HUOMATTAVASTI SÄILYTYSHYLLYLTÄ OTETTAVIA TAVAROITA (PITKÄMATKAISET REITIT)	4-6
AUTOON NOUSU	MAKSU YHDELLÄ KOLIKOLLA TAI RAHAKKEELLA RAHASTUSLAATIKKON	2-3
	MAKSU USEAMMALLA KOLIKOLLA TAI SETELILLÄ	3-4
	USEAN VYÖHYKKEEN ENNALTASTA OSTETTUA LIPPUJA, JOTKA LEIMATAAN AUTOSSA	4-6
	USEAN VYÖHYKKEEN LIPPUJA, JOTKA OSTETAAN JA LEIMATAAN AUTOSSA	6-8

^aYhtä ovea kohden

tä riippuvuuksista ei vielä ole tehty täydellisiä tilastollisia tutkimuksia, mutta linja-autojen toiminnasta tehdyt havainnot osoittavat, että pysäkki voi välittää linja-autot, joiden aikaväli on noin kaksi kertaa pysähdysajan pituus, jolloin todennäköisyys, että jonot ulottuisivat pysäkin ulkopuolelle asti on selvästi alle 10 %.

Ennenkuin linja-autopysäkkien toimivuudesta on saatu tilastollisia lisätietoja, voidaan käyttökelpoisena nyrkkisääntönä olettaa, että kadun varrella sijaitsevilla linja-autopysäkillä autojen aikavälien (peräkkäisten ajoneuvojen lyhin väli sekunteina) tulisi olla noin 2 kertaa keskimääräisen, ajoneuvoa kohti lasketun pysähdysajan suuruinen. Tietyllä pääkadulla muodostuu todennäköisin "pullonkaula" pysäkillä, jolla pysähdysaika on pisin. Kadun välityskykyä voidaan lisätä varaamalla erilliset pysäkit eri linja-autoreiteille, jos ajoneuvot voivat ohittaa toisensa. Näitä seikkoja voidaan havainnollistaa seuraavalla esimerkillä: Oletetaan, että tietyn pääkadun vilkkaimmin liikennöidyllä pysäkillä linja-autojen keskimääräinen pysähdysaika on 25 s. Jos pysäkin pituus on riittävä, voi pysäkki välittää linja-autot, kun niiden lyhin aikaväli on noin 50 s. Aikavälit voivat olla noin puolet edellisestä (linja-autojen tiheys siis kaksinkertainen), jos rakennetaan kaksi linja-autopysäkkiä niin kauaksi toisistaan, etteivät pysäkeille saapuvat ja niiltä poistuvat linja-autot häiritse toisiaan. Täten kumpikin pysäkki voi välittää linja-autoja 50 sekunnin aikaväleihin, ja koko katu voi välittää linja-autoja 25 sekunnin aikaväleihin, jos oletetaan, että tasan puolet linja-autoista käyttää kumpaakin pysäkkiä, ja linja-autot pysyvät aikataulussa. On kuitenkin muistettava, että ajokaistan ollessa varattu yksinomaan linja-autoille, ja niiden joutuessa pysähtymään tällä ajokaistalla, ohittaminen on mahdotonta, eikä pysäkkien lukumäärän lisäämisestä ole hyötyä.

Taulukossa 11.8 on esitetty linja-autojen katuvarsipysäkkien lyhimmät toivottavat pituudet erikseen yhdelle ja kahdelle linja-autopaikalle.

Moottoriteillä sijaitsevat linja-autopysäkit

Moottoritien tiealueella sijaitsevat, mutta itse tiestä erotetut linja-autopysäkit vastaavat välityskyvyltään katuvarsipysäkkejä. Tässäkin tapauksessa pysäkin pituus sekä linja-autojen ohittamismahdollisuudet ovat tärkeitä. Jos linja-autojen pysäkkien olosuhteet ovat samanlaiset, ei toimivuudessa mahdollisesti esiintyvät erot johdu pysäkestä vaan sille ja siltä pois johtavan tien välityskyvystä.

Taulukko 11.8 - LINJA-AUTOJEN KATUVARSIPYSÄKKIEN MINIMIPITUUDET^a

LINJA-AUTON ISTUMAPAIKAT LIKIMÄÄRIN	LINJA-AUTON PITUUS LIKI- MÄÄRIN (M)	PYSÄKIN PITUUS ^b (M)					
		YKSI LINJA-AUTOPAIIKKA			KAKSI LINJA-AUTOPAIIKKA		
		ENNEN LIIT- TYMÄÄ ^c	LIITTYMÄN JÄLKEEN ^d	KORTTELIN VARRELLA	ENNEN LIIT- TYMÄÄ ^c	LIITTYMÄN JÄLKEEN ^d	KORTTELIN VARRELLA
≥ 30	7.6	27.4	19.8	38.1	36.6	27.4	45.7
35	9.1	29.0	21.3	39.6	39.6	30.5	48.8
40-45	10.7	30.5	22.9	41.1	42.7	33.5	51.8
51-53	12.2	32.0	24.4	42.7	45.7	36.6	54.9

^aLähde: American Transit Association.

^bMitattuna rakennusten seinälinjan jatkeesta tai pysähdysviivasta tapauksesta riippuen. Perustuu olosuhteisiin, joissa linja-autot pysähtyvät 0.3 metrin päähän reunakivestä. Jos linja-autot pysähtyvät vain 0.15 metrin päähän reunakivestä, lisätään liittymää ennen sijaitsevien pysäkkien pituuteen 6.0 m, liittymän jälkeen 4.5 m ja 10.5 m korttelin varrella.

^cPysäkin pituuteen lisätään 4.5 m, jos linja-autot kääntyvät oikealle pysäkin jälkeen. Jos liittymässä on paljon muita oikealle kääntyviä ajoneuvoja, lisätään ennen liittymää sijaitsevan pysäkin pituutta 9.0 m.

^dPerusteena käytetty 12.0 m leveätä ajorataa, jolloin linja-auto voi poistua pysäkiltä ylittämättä keskiviivaa. Pysäkin pituutta lisätään 4.5 m, jos ajorata on 10.8 m leveä ja 9.0 m, jos ajorata on 9.6 m leveä.

LÄHDELUETTELO

1. "Preliminary Progress Report of Transit Subcommittee, Committee on Highway Capacity." *Proc. HRB*, Vol. 40, pp. 523-549 (1961).
2. "A Policy on Arterial Highways in Urban Areas." American Association of State Highway Officials (1957), pp. 139-140, 389-293, 357-370, 435-437.
3. CROWLEY, K. W., "Analysis of Car-Bus Relationships in the Lincoln Tunnel." *Traffic Eng.*, Vol. 63, No. 12, pp. 22-27 (Sept. 1963).
4. HODGKINS, E. A., "Effect of Buses on Freeway Capacity." *Highway Research Record* No. 59, pp. 66-82 (1965).
5. "Report of Institute of Traffic Engineers' Technical Committee 3-D on Reserved Transit Lanes." *Traffic Eng.*, Vol. 29, No. 10, pp. 37-40 (July 1959).

LIITE A

LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUJA ERI TEILLÄ YHDYSVALLOISSA

TAULUKKO A.1 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MAASEUTUALUEIDEN MOOTTORITEILLÄ

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST- LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIKKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i>													
<i>Maine</i>													
1.9 mi from Yarmouth	4	I 95	EB			16.1	14.0	13.4	13.0	12.6	12.2	—	—
			WB			17.4	14.6	13.4	12.9	12.5	12.2	—	—
1.3 mi from Augusta	4	I 95	NB	9,457	13,402	20.4	14.1	13.4	12.9	12.6	12.2	—	—
			SB			21.6	17.4	16.2	14.9	14.4	14.0	—	—
			Both	4,247	8,118 ^c								
<i>New Hampshire</i>													
0.5 mi from Manchester	4	US 3	Both	10,424	20,643 ^c	23.4	17.1	15.7	14.9	14.1	13.8	—	—
3.0 mi from Concord	4	I 93	Both	7,536	17,863 ^c	22.5	21.0	19.9	19.0	17.8	16.9	14.8	—
<i>Rhode Island</i>													
1.0 mi from Warwick	4	I 95	NB			13.3	11.7	9.8	8.7	—	—	—	—
			SB			11.2	9.6	—	—	—	—	—	—
			Both	4,933	6,179	10.8	9.4	8.6	8.2	7.9	7.4	—	—
<i>Vermont</i>													
5 mi from Brattleboro	4	I 91	NB			33.6	26.2	25.3	23.9	22.3	20.0	15.4	—
			SB			40.2	33.4	29.7	26.5	25.2	24.0	20.0	—
			Both	3,971	9,207 ^c	25.2	20.7	20.0	18.7	17.7	17.1	15.8	—
4 mi from Montpelier	4	I 89	NB			21.3	15.6	14.1	13.3	13.0	12.6	11.0	—
			SB			16.6	13.9	12.3	12.0	11.9	11.7	11.0	—
			Both	3,962	5,463	16.2	13.0	12.4	12.1	11.7	11.4	10.7	—
10 mi from Bellows Falls	4	91	NB			25.5	19.8	18.2	17.1	16.0	15.5	13.8	—
			SB			37.7	31.2	29.0	26.0	24.1	23.3	19.9	—
			Both	2,466	5,711 ^c								
<i>Middle Atlantic</i>													
<i>New York</i>													
0.2 mi W of NYS 208	4	NYS 17	Both	12,500 ^b	—	23.4	19.6	16.6	14.9	12.8	10.9	7.9	5.5
<i>Pennsylvania</i>													
2.5 mi N. of Allentown	4	I 78	EB			10.9	9.4	8.9	8.8	8.7	8.6	—	—
			WB			14.1	12.4	12.0	11.6	11.4	11.2	—	—
			Both	30,594	40,019	11.4	10.1	9.8	9.6	9.4	9.3	—	—
2.5 mi N of York	4	I 83	NB			15.2	12.7	11.9	11.5	11.2	11.1	—	—
			SB			16.6	14.2	13.6	13.3	12.8	12.1	—	—
			Both	11,855	17,685	14.3	12.2	11.7	11.5	11.2	10.9	—	—
<i>South Atlantic</i>													
<i>Maryland</i>													
Baltimore-Washington Expwy. S of Md. 176, 2.2 mi from Dorsey	4		NB			13.8	12.8	12.6	12.4	—	11.8	—	—
			SB			12.4	11.2	10.8	10.5	—	10.3	—	—
			Both	28,889	—	11.6	10.0	9.7	9.6	—	9.7	—	—
<i>Virginia</i>													
0.3 mi S of Rt 659 near Staunton		Rt 81	NB			24.2	17.7	15.1	13.6	13.2	13.0	11.8	10.5
			SB			17.2	15.1	13.7	12.3	12.0	11.4	10.1	8.9
			Both	4,179	9,108 ^c	16.1	13.6	13.1	13.0	11.3	11.1	10.1	9.2
<i>North Carolina</i>													
14 mi from Greensboro	4	I 85	Both	9,560	15,400 ^c	15.9	13.0	12.2	11.8	11.3	11.1	10.1	—
4 mi from Salisbury	4	I 85	Both	9,980	13,869 ^c	19.6	11.6	10.9	10.3	9.8	9.4	8.4	—
9 mi from Greensboro	4	US 29	Both	6,740	10,515 ^c	18.0	11.2	10.5	10.4	10.2	10.1	9.3	—
10 mi from Fayetteville	4	I 95	Both	5,680	12,004 ^c	16.2	12.8	11.8	11.3	10.9	10.7	10.0	—
<i>South Carolina</i>													
Pacolet R. near Spartanburg	4	I 85	Both	6,319	10,096 ^c	16.1	11.4	10.5	9.8	9.7	9.5	8.9	8.1
<i>East North Central</i>													
<i>Illinois</i>													
4.2 mi from South Holland	4	FAP 122	NB			18.0	15.4	14.7	14.6	14.1	13.9	13.0	12.3
			SB			15.6	14.6	14.0	13.1	12.9	12.7	12.3	11.6
			Both	14,000	20,890 ^c	12.0	11.4	10.9	10.6	10.4	10.3	10.1	10.0
<i>Michigan</i>													
1.0 mi from New Hudson	4	I 96	EB			34.4	30.3	28.7	26.6	24.7	23.5	19.1	14.3
			WB			34.9	29.5	26.0	23.7	22.5	20.9	16.7	13.7
			Both	17,329	47,212 ^c	22.0	20.2	18.9	18.4	17.8	17.1	14.9	13.0
1.0 mi from Romulus	4	I 94	EB			16.6	14.4	13.6	12.7	12.3	11.9	10.8	9.8
			WB			17.1	14.0	11.5	11.1	10.8	10.5	9.8	9.3
			Both	27,437	37,291	14.8	11.8	10.9	10.7	10.5	10.3	9.7	9.1
3.5 mi from Monroe	4	I 75	NB			14.9	12.6	11.8	10.9	10.6	10.3	9.4	8.4
			SB			15.0	12.9	12.1	11.8	11.2	11.0	10.3	9.3
			Both	14,240	27,368 ^c	14.4	12.1	11.3	10.9	10.6	10.4	9.6	8.7
8 mi from The Heights	4	US 27	NB			43.1	37.1	34.2	32.6	31.6	29.9	26.0	20.5
			SB			76.0	52.2	47.5	45.0	43.3	41.1	32.2	24.4
			Both	4,727	18,748 ^c	40.7	34.7	32.4	30.8	29.9	29.0	25.8	19.9
2.0 mi from New Buffalo	4	I 94	NB			22.6	20.0	18.7	17.6	17.0	16.3	14.5	12.7
			SB			51.4	29.8	26.3	23.8	22.4	21.1	15.7	13.4
			Both	8,018	22,888 ^c	28.1	21.1	19.3	18.8	17.3	16.9	14.9	12.7
<i>Michigan (Cont'd)</i>													
4.0 mi E of Marshall	4	I 94	EB			18.8	16.0	14.7	13.9	13.4	13.1	11.7	10.0
			WB			16.7	14.0	12.9	12.4	12.0	11.7	10.9	10.0
			Both	9,435	16,467 ^c	17.4	14.2	13.2	12.6	12.2	11.9	10.9	9.8
3 mi from Alto	4	I 96	EB			35.3	17.8	16.2	15.5	15.0	14.5	12.6	10.6
			WB			31.2	15.2	13.7	12.7	12.0	11.6	10.8	9.8
			Both	6,061	9,302 ^c	21.1	15.2	13.5	13.1	12.6	12.3	11.2	10.0
5.6 mi from St. Ignace	4	I 75	NB			29.8	26.2	25.1	24.1	23.5	23.2	21.1	18.6
			SB			24.8	22.1	21.2	20.4	20.1	19.6	18.2	16.5
			Both	2,736	7,645 ^c	24.8	22.3	21.6	21.2	20.4	20.1	18.8	17.6
<i>Ohio</i>													
5.1 mi from Ashland	4	I 71	NB			22.4	18.6	16.6	15.5	15.2	14.8	—	—
			SB			22.9	16.7	14.6	13.8	13.0	12.5	—	—
			Both	10,019	21,005 ^c	21.0	16.4	14.5	13.9	13.4	13.0	11.8	10.6
3.1 mi from North Kingsville	4	I 90	EB			18.6	15.5	14.8	14.4	14.2	14.0	13.2	12.0
			WB			26.2	20.7	19.3	17.7	17.0	16.5	14.8	13.2
			Both	6,624	15,277 ^c	17.8	16.4	15.6	15.3	14.9	14.7	13.8	12.5
2.0 mi from Wapakoneta	4	I 75	NB			16.9	12.7	11.7	11.2	10.8	10.5	9.9	9.0
			SB			15.9	13.0	12.4	12.0	11.7	11.3	10.3	9.5
			Both	7,685	13,441	15.5	12.3	11.5	11.3	11.1	10.8	9.8	9.0
<i>Wisconsin</i>													
11.1 mi from Milwaukee	4	I 94	EB			17.3	14.7	13.9	13.2	12.3	11.9	11.0	10.2
			WB			21.3	16.7	15.5	14.5	14.0	13.8	12.2	11.2
			Both	17,860	32,820 ^c	15.2	13.7	13.1	12.4	12.2	11.9	11.2	10.3
27 mi from Madison	4	I 90-94	NB			28.2	22.6	19.7	19.2	18.5	18.2	15.8	13.4
			SB			44.7	32.1	27.1	25.5	24.4	23.4	19.8	16.1
			Both	6,317	16,384 ^c	26.4	20.2	18.9	18.0	17.2	16.8	15.6	14.0
<i>West North Central</i>													
<i>Iowa</i>													
S of Fuller Rd. in West Des Moines	4	I 35	NB			19.4	16.2	15.4	14.9	14.4	14.0	—	—
			SB			16.5	14.3	13.3	13.0	12.7	12.3	—	—
			Both	5,517	9,575 ^c	17.7	14.6	13.9	13.5	13.1	12.9	—	—
3 mi N of Crescent Interchange	4	I 29	NB			18.8	16.3	14.8	13.6	12.9	12.3	—	—
			SB			23.5	20.6	19.6	18.9	18.2	17.2	—	—
			Both	4,646	8,815 ^c	15.7	14.6	13.8	13.4	13.2	12.9	—	—

TAULUKKO A.1 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MAASEUTUALUEIDEN MOOTTORITEILLÄ (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
Kansas													
5.5 mi from Maple Hill	4	I 70	Both	4,465	7,811 ^a	17.7	15.3	14.2	13.5	13.1	12.8	11.6	—
Missouri													
20 mi from St. Louis	4	I 44	WB	14,835	31,911 ^a	25.2	17.3	15.1	14.6	14.1	13.8	10.8	9.8
15 mi NE of Springfield	4	I 44	WB	6,983	10,956 ^a	13.6	11.9	11.4	11.0	10.7	10.7	10.0	9.3
Nebraska													
11 mi SW of Omaha	4	I 80	NB			30.4	18.9	16.1	15.1	13.3	13.2	11.8	10.0
			SB			29.9	19.4	15.7	13.3	12.6	12.2	10.3	9.6
			Both	7,030	12,296 ^a	18.2	14.6	13.1	12.5	11.9	11.6	10.6	9.5
North Dakota													
2 mi from Mapleton	4	I 94	EB			18.3	14.8	13.1	12.2	11.9	11.6	—	—
			WB			19.7	13.9	13.1	12.5	12.1	11.8	—	—
			Both	3,758	6,000	15.1	12.3	11.6	11.1	10.8	10.4	—	—
1 mi from SW Fargo	4	I 94	EB			25.5	18.2	17.0	16.4	15.5	15.4	—	—
			WB			22.4	16.9	15.2	13.5	12.2	11.7	—	—
			Both	2,486	5,244	18.5	15.5	15.0	14.7	14.2	9.9	—	—
3 mi from Buffalo	4	I 94	EB			26.5	14.5	13.6	13.0	12.6	12.2	—	—
			WB			25.3	15.1	13.7	13.2	12.9	12.7	—	—
			Both	2,626	4,367 ^a	16.4	13.1	11.9	11.5	11.3	11.1	—	—
4.5 mi from Sanborn	4	I 94	EB			24.7	17.2	14.5	13.3	12.9	12.6	—	—
			WB			21.0	16.0	14.9	14.3	13.5	13.1	—	—
			Both	2,540	4,469 ^a	16.6	14.8	13.9	12.9	12.4	12.2	—	—
2 mi from Medina	4	I 94	EB			24.5	15.1	14.1	13.5	13.0	12.8	—	—
			WB			35.1	18.7	16.9	15.9	15.4	14.7	—	—
			Both	1,741	3,641 ^a	22.2	14.7	13.9	13.4	13.1	12.7	—	—
West South Central													
Arkansas													
5 mi from Benton	4	I 30	EB			16.7	13.0	12.0	11.4	10.9	10.5	9.3	8.1
			WB			19.0	15.8	11.6	11.0	10.6	10.4	9.7	8.7
			Both	8,850	11,375 ^a								
Oklahoma													
N of Oklahoma City	4	I 35	Both	7,650	—	16.7	12.3	11.8	11.4	11.1	10.7	9.8	7.3
7 mi from Canute	4	I 40	Both	4,574	—	14.0	10.8	10.5	9.0	8.4	8.1	7.0	—
Texas													
S of Austin, Travis Cty.	6	I 35	NB			20.9	14.4	12.8	12.0	11.7	11.4	10.4	9.2
			SB			35.3	13.7	12.2	11.7	11.4	11.2	10.4	9.5
			Both	8,000	11,957 ^a								
Texas (Cont'd)													
5 mi from Corsicana	4	I 45	NB			20.3	15.7	14.1	13.1	12.5	12.3	11.2	9.9
			SB			21.8	14.0	12.9	12.1	11.6	11.2	10.2	9.0
			Both	5,460	8,974 ^a								
Mountain													
Arizona													
5 mi from Benson	4	I 10	EB			13.0	8.6	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.0
			WB			15.6	10.1	9.6	9.5	9.3	9.2	9.2	9.1
			Both	4,397	8,188 ^a								
4 mi from Gila Bend	4	I 10	EB			15.1	9.5	8.7	8.7	8.5	8.3	8.2	8.1
			WB			17.6	9.2	8.7	8.6	8.5	8.4	8.4	8.3
			Both	3,537	6,775 ^a								
Colorado													
20 mi from Denver	4	I 25	NB			26.4	18.0	16.2	15.0	14.4	13.8	12.0	10.5
			SB			23.9	18.6	17.6	16.7	16.0	15.3	13.2	10.6
			Both	8,223	14,609 ^a	16.5	14.0	13.3	12.9	12.5	12.1	11.2	10.0
8 mi N of Pueblo	4	I 25	NB			19.4	17.4	15.5	14.2	13.7	13.2	12.2	10.9
			SB			16.2	14.2	13.6	13.1	12.6	12.1	11.3	10.3
			Both	6,810	12,357 ^a	16.0	14.2	13.7	13.0	12.7	12.3	11.2	10.2
Idaho													
24.6 mi from American Falls	4	I 15W	NB			18.4	14.5	14.0	13.4	12.6	12.0	11.2	10.1
			SB			24.0	22.4	21.6	20.7	20.1	19.8	17.8	13.8
			Both	1,678	3,165 ^a	15.7	13.8	13.4	12.9	12.6	12.5	11.7	11.0
Montana													
4.0 mi W of Butte	4	I 90	NB			20.3	16.3	15.6	14.6	13.9	13.6	12.5	—
			SB			22.2	15.1	13.8	13.0	12.4	12.0	10.6	—
			Both	4,906	8,814 ^a	13.9	12.5	12.0	11.8	11.7	11.5	10.9	—
7.0 mi W of Billings	4	I 90	EB			21.8	17.3	16.7	15.8	15.3	14.8	10.5	—
			WB			16.6	11.6	10.8	10.2	9.8	9.7	8.7	—
			Both	4,289	6,793 ^a	12.6	11.7	11.1	10.8	10.4	10.3	9.6	—
8.0 mi W of Great Falls	4	I 15	NB			22.7	17.1	15.4	14.7	14.0	13.4	11.1	—
			SB			37.0	13.5	12.7	12.1	11.6	11.0	10.2	—
			Both	4,092	6,345 ^a	19.6	12.0	11.6	11.1	10.8	10.7	10.1	—
Nevada													
30 mi from Las Vegas	4	I 15	NB			18.8	16.3	15.6	14.8	13.9	13.5	11.9	10.4
			SB			32.7	19.9	18.4	17.4	16.4	16.1	14.3	12.4
			Both	6,409	12,237 ^a	19.1	13.3	12.3	11.9	11.5	11.2	10.3	9.3
Wyoming													
4.0 mi from Rawlins	4	I 80	Both	2,999	5,987 ^a	13.5	12.9	12.4	12.1	11.9	11.7	—	—
Pacific													
Oregon													
Pacific Hwy. 15, 5 mi N of Salem	4		NB			17.6	14.7	13.4	12.8	12.6	12.3	11.5	—
			SB			26.6	14.0	12.9	12.3	11.9	11.5	10.8	—
			Both	12,871	21,487 ^a	16.8	13.0	12.3	11.9	11.5	11.3	10.6	—
1 mi from Troutdale	4	I 80N	EB			32.0	24.2	21.4	19.2	18.0	17.1	—	—
			WB			30.7	28.3	24.9	23.5	22.3	21.7	17.6	—
			Both	7,096	18,431 ^a	23.4	21.5	20.0	18.7	17.7	17.2	—	—
Washington													
4.8 mi W of Olympia; Olympia	4	US 101 US 410	EB			34.0	28.5	26.1	24.5	23.5	21.9	17.2	13.6
leg of junction			WB			17.6	16.2	15.5	15.1	14.8	14.4	13.2	11.2
			Both	8,125	18,974 ^a	20.7	17.9	16.8	16.4	15.6	15.2	13.3	11.9
5.2 mi from Centralia	4	I 5	NB			23.3	17.0	14.9	14.3	13.9	13.8	12.4	11.1
			SB			16.8	15.7	14.7	13.9	13.5	13.3	12.6	11.6
			Both	10,728	20,542 ^a	15.1	13.6	13.2	12.8	12.6	12.4	11.7	10.9
11.4 mi N of Everett	4	I 5	NB			16.5	14.2	13.6	13.1	12.8	12.6	11.5	10.0
			SB			21.1	19.1	18.4	17.3	16.9	16.7	14.5	12.0
			Both	10,915	20,469 ^a	14.4	13.4	13.0	12.8	12.6	12.3	11.6	10.5
4.8 mi from Olympia	4	US 101 US 410	EB			45.5	39.7	35.5	32.7	31.0	29.3	22.4	17.1
			WB			28.8	21.3	20.5	19.5	18.6	18.0	16.1	13.2
			Both	3,769	11,292	26.9	23.7	22.1	20.8	19.7	18.4	16.4	14.1
4.8 mi W of Olympia	4	US 101 US 410	NB			22.0	14.7	14.0	13.6	13.3	13.0	12.1	11.1
			SB			31.9	19.8	18.5	17.7	16.9	16.3	13.7	11.0
			Both	4,356	7,682 ^a	19.3	13.9	13.4	13.1	12.6	12.3	11.5	10.5

^a Vuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu^b Vuonna 1961.^c Korkein vuorokausiliikenne esiintyi joko lauantaina tai sunnuntaina.

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä lünteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

TAULUKKO A.2 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MAASEUTUALUEIDEN PIKATEILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i> Rhode Island Sakonnet River Bridge	4	RI 138	NB SB Both	11,812	20,852 ^c	18.6 17.3 15.6	16.9 13.3 13.7	13.4 11.5 12.5	10.8 10.7 11.4	— — 10.8	— — 10.5	— — —	— — —
<i>Middle Atlantic</i> New Jersey 6 mi from Dover	4	US 46	EB Both	25,438 ^b	—	19.2	18.7	18.6	18.0	17.5	16.9	14.5	12.3
1 mi from Ramsey	4	Rt 17	SB Both	21,414 ^b	—	20.9	20.3	20.2	19.7	19.4	17.9	16.1	11.7
2.5 mi from Pompton Lakes	4	Rt 23	EB Both	22,066 ^b	—	20.1	18.9	18.7	17.4	16.2	16.1	15.2	13.6
New York 21 mi N of Utica	4	NYS 12 NYS 28	Both	4,900 ^b	—	50.8	27.1	22.9	21.4	20.2	19.4	15.9	12.2
10 mi from Saratoga	4	US 9	Both	9,700 ^b	—	18.4	15.6	13.4	12.3	11.4	10.9	8.1	6.2
<i>South Atlantic</i> Maryland 1.3 mi from Aberdeen	4	US 40	NB SB Both	28,693	—	11.2 11.4 10.7	10.0 10.2 9.5	9.7 9.8 9.1	9.4 9.7 8.8	— — —	8.9 9.3 8.5	— — —	— — —
1.2 mi S of Waldorf	4	US 301	NB SB Both	12,437	—	15.3 20.7 14.9	13.6 16.1 11.9	13.1 13.4 10.8	12.4 12.5 10.5	— — —	11.8 11.5 9.8	— — —	— — —
West Virginia 4.8 mi from Charleston	4	US 60	EB WB Both	16,125	26,079	13.4 19.2	12.0 13.8	11.6 11.9	11.4 11.2	11.1 10.9	10.8 10.6	— —	— —
<i>East North Central</i> Michigan 8 mi from Perry	4	M 78	NB SB Both	7,271	9,985	27.5 26.3 19.1	14.3 15.4 12.5	12.5 12.8 11.6	11.8 11.6 11.2	11.7 11.3 10.7	11.4 11.0 10.5	10.7 10.0 9.9	9.8 9.2 9.1
2 mi S of Mason	4	US 127	NB SB Both	6,815	10,661 ^c	23.1 22.6 16.1	13.2 15.4 13.2	12.4 14.2 12.5	11.7 13.8 12.1	11.5 13.4 11.8	11.2 12.9 11.4	10.5 11.9 10.8	9.3 9.7 9.7
Ohio 4.6 mi from Vienna	4	US 40	EB WB Both	10,220	18,092 ^c	17.8 17.8 15.6	14.5 13.8 12.7	12.4 13.1 12.1	12.2 12.2 11.6	12.0 11.8 11.4	11.6 11.5 11.2	10.8 10.6 10.5	10.1 9.7 9.7
0.5 mi from Portage	4	US 25	NB SB Both	9,781	14,946 ^c	17.8 13.9 15.5	13.3 12.0 11.7	11.9 11.5 11.2	11.6 11.3 10.9	11.4 11.1 10.7	11.1 10.9 10.6	10.4 10.4 10.0	9.4 9.6 9.3
<i>West North Central</i> Iowa 1.5 mi from Hinton	4	US 75	Both	5,260	7,279	11.2	10.2	9.9	9.7	9.6	9.4	—	—
Minnesota 1.9 mi NW of Anoka	4	US 10	NB SB Both	11,639	25,440 ^c	27.9 32.2 18.7	24.5 28.6 17.9	22.6 27.5 17.4	21.4 26.6 16.9	20.7 26.0 16.5	19.9 25.2 16.2	16.3 20.6 14.9	— — —
5.9 mi from Lakeland	4	US 12	EB WB Both	9,723	15,974 ^c	18.1 20.6 17.7	16.2 18.8 12.9	14.9 17.1 12.6	13.9 16.3 12.2	13.3 15.9 12.0	12.9 15.6 11.8	12.0 13.4 10.9	— — —
2.3 mi SW of Jordan	4	US 169	NB SB Both	4,887	10,221 ^c	32.3 32.1 22.2	24.1 19.9 18.0	18.5 16.1 16.2	17.2 14.9 14.3	16.5 14.1 13.8	15.9 13.6 13.6	14.0 12.3 12.1	— — —
<i>Mountain</i> Idaho 2.5 mi E of Post Falls	4	US 10	EB WB Both	8,567	20,862 ^c	31.6 32.4 19.8	19.5 19.6 15.9	15.8 18.0 14.5	15.0 16.8 13.9	13.9 15.8 13.5	13.2 14.8 13.2	12.1 12.7 11.9	11.2 11.0 11.0
New Mexico 4.3 mi N of Santa Fe	4	US 64 US 84 US 285	NB SB Both	6,718	—	21.7 21.7 21.7	14.5 18.0 14.5	13.0 16.7 13.3	12.4 16.1 12.7	12.3 15.8 12.3	12.1 15.4 12.2	11.4 14.0 11.5	10.6 — 10.7

^a Vuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä länteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

^b Vuonna 1961.^c Korkein vuorokausiliikenne esiintyi joko lauantaina tai sunnuntaina.

TAULUKKO A.3 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MONIKAISTAISILLA MAASEUTUALUEIDEN MAANTEILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i> Maine 3.2 mi from Biddeford	4	US 1	NB SB Both	6,966	10,878	11.8 10.5 13.1	8.5 8.2 11.9	7.5 7.4 11.4	6.4 6.4 11.2	5.9 5.8 10.9	5.4 5.5 10.7	— — —	— — —
Rhode Island 8 mi from Providence	4	RI 146	NB SB Both	13,542	18,965	22.0 29.6 17.4	18.7 18.8 13.6	17.4 16.5 12.9	15.8 15.9 12.2	13.7 15.3 11.6	13.4 14.7 11.5	11.7 13.3 10.8	— — 9.9
8 mi from Warwick, Rodman Hwy. S of Cranston Corners	4		NB SB Both	5,686	18,660 ^c	39.7 56.8 37.0	25.5 28.0 21.5	17.9 19.9 18.2	14.1 13.7 15.8	12.9 12.9 14.1	12.1 11.8 13.3	9.0 8.8 —	6.6 5.5 —
0.5 mi from Wakefield	4	US 1	Both	5,566	19,154 ^c	33.8	27.2	24.2	22.9	22.3	21.5	18.9	15.0
8 mi from Providence	4	US 6	Both	11,054	18,281 ^c	13.0	12.1	11.6	11.1	10.5	10.1	—	—
<i>Middle Atlantic</i> Pennsylvania 0.3 mi from Leetsdale	4	Pa 65	NB SB Both	15,928	20,011	11.5 10.8 10.0	9.7 10.3 9.6	9.4 10.1 9.4	9.0 10.0 9.3	8.9 9.9 9.2	8.8 9.8 9.2	— — 8.9	— — 8.6
<i>South Atlantic</i> Delaware 8 mi from Wilmington	4	US 40	Both	24,927 ^b	41,960 ^c	12.6	11.1	10.3	10.2	9.9	9.7	—	—
5 mi from Wilmington	4	US 202	Both	14,178 ^b	21,741	13.3	12.2	11.8	11.6	11.1	10.9	—	—
6 mi from Smyrna	4	US 13	Both	12,516 ^b	22,451 ^c	15.2	14.4	13.8	13.3	12.7	12.5	—	—
2 mi from Milford	4	US 113	Both	6,911 ^b	14,757 ^c	18.9	17.1	16.2	15.9	15.3	15.0	—	—
1 mi S of Greenwood	4	US 13	Both	6,142 ^b	10,543 ^c	12.0	10.6	10.2	10.0	9.8	9.7	—	—

TAULUKKO A.3 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MONIKAISTAISILLA MAASEUTUALUEIDEN MAANTEILLÄ (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTIKILIENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STA							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
Florida													
15 mi S of Jacksonville	4	US 1	NB SB Both	10,525	—	35.2 15.9	14.3 12.1	13.0 11.1	11.7 10.7	11.3 10.5	11.1 10.4	10.4 9.6	— —
0.5 mi S of Florida City	4	US 1	NB SB Both	4,625	—	24.9 19.2	23.1 16.2	21.4 14.9	19.7 14.5	18.8 14.1	17.5 13.6	15.8 12.3	— —
2.5 mi S of Oak Hill	4	US 1	NB SB Both	6,245	—	15.5 29.9	13.9 15.2	13.3 14.2	13.0 13.3	12.3 13.0	12.0 12.6	11.0 11.4	— —
North Carolina													
1 mi from Wrightsville Beach on Wrightsville Beach Bridge	4		Both	6,520	16,732 ^c	24.4	23.2	21.4	20.6	19.8	18.8	16.5	—
South Carolina													
4.3 mi E of Easley	4	US 123	Both	9,462	14,735 ^c	14.8	11.9	10.1	9.7	9.5	9.3	8.9	8.4
East North Central Indiana													
5.5 mi from Greenfield	4	US 40	EB WB Both	8,791	13,592 ^c	26.9 —	11.4 —	11.7 —	11.0 —	10.9 —	10.5 —	— —	— —
8.5 mi from Columbus	4	US 31	NB SB Both	10,504	16,703 ^c	16.0 —	14.5 —	14.4 —	14.2 —	13.7 —	11.6 —	— —	— —
15.2 mi from Lafayette	4	US 52	EB WB Both	8,488	13,077 ^c	17.6 —	13.9 —	14.9 —	11.5 —	11.3 —	10.5 —	— —	— —
Michigan													
2 mi from Mt. Clemens	4	US 25	NB SB Both	15,518	28,501 ^c	16.0 21.9 13.8	15.0 19.8 12.9	14.4 19.3 12.6	14.1 18.2 12.4	13.9 18.0 12.2	13.7 17.5 11.9	12.5 15.4 11.3	11.0 11.7 10.3
2.5 mi from St. Johns	4	US 27	NB SB Both	8,252	18,017 ^c	27.4 39.8 22.3	21.1 29.3 18.4	19.4 28.1 17.6	18.7 26.9 17.2	18.0 25.8 16.8	17.5 25.1 16.2	15.8 20.7 14.9	13.0 14.3 13.1
5 mi from Drayton Plains	4	US 10	NB SB Both	9,226	18,069 ^c	18.1 22.0 16.8	14.3 20.8 15.5	13.9 19.3 14.8	13.3 18.4 14.4	12.9 17.9 14.0	12.5 17.4 13.7	11.4 15.0 12.4	10.6 12.0 10.9
7.7 mi from Monroe	4	US 24	NB SB Both	4,441	6,809 ^c	30.8 26.8 17.5	16.3 15.3 12.2	14.7 13.6 11.4	13.4 12.5 10.9	12.4 11.8 10.4	11.3 11.3 10.2	10.2 10.2 9.6	9.3 9.1 8.7
2.8 mi from Schoolcraft	4	US 131	NB SB Both	5,446	7,982 ^c	15.1 17.5 12.9	12.2 12.3 11.5	11.6 11.8 11.3	11.3 11.3 11.0	11.2 11.1 10.8	10.9 10.8 10.7	10.2 10.1 10.0	9.4 9.3 9.3
Wisconsin													
9.0 mi from Fond DuLac	4	US 41	NB SB Both	9,144	21,063 ^c	33.3 34.8 21.1	23.2 27.2 18.5	21.9 25.2 17.2	21.2 24.6 16.9	20.6 23.9 16.2	20.1 23.3 15.9	17.6 20.7 14.6	13.3 15.9 13.4
West North Central Missouri													
20 mi from Kansas City	4	Rt 69	SB Both EB	8,544	13,318 ^c	18.7	17.0	16.5	15.9	15.4	15.1	14.0	12.7
11 mi from Warrensburg	4	Rt 50	Both EB	4,459	10,312	29.8	26.7	24.3	22.8	21.9	21.3	17.9	14.3
15 mi from St. Louis	4	Rt 61	Both	15,342	25,411	11.8	11.2	11.0	10.7	10.4	10.2	9.7	9.1
East South Central Alabama													
0.5 mi from Morris	4	US 31	Both	8,180	12,957 ^c	13.1	11.6	11.3	11.1	10.9	10.7	9.9	9.1
Tennessee													
1 mi N of Goodlettsville	4	SR 11	NB SB Both	13,662	21,095 ^c	10.9 13.9	10.2 12.7	9.7 11.9	10.1 10.0	10.1 10.9	9.5 10.7	9.3 9.5	8.9 8.9
West South Central Louisiana													
6.2 mi W of Port Allen	4	US 190	EB WB Both	12,306	19,129 ^c	22.8 17.7 17.2	16.8 12.4 13.0	16.0 11.3 12.4	15.3 11.1 12.0	14.8 10.8 11.7	14.4 10.6 11.5	— — —	— — —
3 mi from Norco	4	US 61	EB WB Both	11,981	—	22.4 16.5 13.6	15.6 12.9 11.8	14.6 11.3 11.4	14.1 11.0 11.1	13.8 10.7 10.7	13.3 10.4 10.4	8.8 8.8 8.7	7.8 8.1 7.5
1.9 mi SW of Denham Springs	4	US 190	EB WB Both	11,307	15,303 ^c	17.2 14.3 11.2	12.8 12.0 10.0	12.1 11.3 9.6	11.7 11.1 9.4	11.4 10.9 9.3	11.3 10.8 9.2	10.3 10.1 8.3	8.2 8.8 7.8
8 mi E of Shreveport	4	US 80	EB WB Both	11,530	16,611 ^c	15.1 19.0 12.8	11.3 12.5 10.3	10.9 11.7 10.0	10.5 11.2 9.8	10.3 10.9 9.7	10.2 10.6 9.5	9.1 9.2 —	8.4 8.6 —
Texas													
4.3 mi E of Shamrock	4	US 66	EB WB Both	4,170	9,305 ^c	15.9 17.7	13.9 14.3	13.0 13.5	12.0 13.2	11.5 12.7	11.2 12.6	10.3 11.8	9.6 11.0
Mountain Arizona													
2 mi from Wickenburg	4	US 60	Both	5,354	11,659 ^c	13.2	8.6	8.1	7.9	7.8	7.8	7.8	7.7
Colorado													
3 mi E of La Junta	4	US 50	EB WB Both	2,497	4,588 ^c	17.1 16.0 14.4	15.7 15.5 13.9	14.7 14.9 13.3	13.9 14.4 12.5	13.7 13.9 12.0	13.5 13.3 11.9	12.1 11.8 11.4	11.1 10.9 10.6
Nevada													
3 mi from Verdi	4	US 40	EB WB Both	6,279	13,514 ^c	18.5 20.2 14.0	15.3 17.1 13.0	14.5 16.1 12.7	13.7 15.6 12.5	13.4 15.2 12.3	13.2 14.7 12.2	12.4 13.1 11.5	11.3 11.5 10.5
1.5 mi from Sparks	4	US 40	EB WB Both	5,820	9,522 ^c	13.3 13.9 11.1	11.6 12.7 10.5	10.9 12.1 10.2	10.5 11.6 10.1	10.2 11.4 9.9	10.0 10.3 9.8	9.5 10.5 9.4	8.9 9.9 8.9
Utah													
1 mi from Farmington	4	US 91 & US 89	Both	19,361	27,075 ^c	12.0	11.4	11.0	10.8	10.5	10.4	—	—
4.5 mi from Murray	4	US 91, US 89 & US 50	Both	12,146	22,737 ^c	15.7	12.8	12.2	11.8	11.3	11.0	—	—
6 mi from S Salt Lake	4	US 40	Both	6,114	18,978 ^c	30.5	24.6	22.1	21.5	20.9	20.2	—	—
Pacific Oregon													
Pacific Highway, N. of Ashland	4	US 99	Both	10,676	17,580 ^c	11.0	10.5	10.1	9.9	9.8	9.7	9.1	8.6
Washington													
SE leg of jet; in Seattle	4	US 99 & 216 St.	NB Both	32,276	48,040 ^c	12.3	11.4	11.0	10.6	10.4	10.1	9.3	8.5

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu

Sarakeissa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä länteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi jo-
ko lauantaina tai sunnuntaina.

TAULUKKO A.4 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAKSIKATTAISILLA MAASEUTUALUEIDEN MAANTEILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STA							
			KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i>												
<i>Connecticut</i>												
1.0 mi N of Conn 163, Montville	Conn 32	Both	8,900	11,272	12.2	10.2	10.1	10.0	10.0	9.9	9.6	9.1
S of US 62, Woodbury	US 6	Both	5,600 ^b	9,549 ^c	18.1	16.0	15.1	14.2	13.7	13.2	12.1	10.3
S of Route 80, Clinton	Conn 81	Both	1,500 ^b	5,477 ^c	29.9	27.8	26.1	24.7	23.9	23.3	20.7	17.7
<i>Maine</i>												
2.0 mi from Farmington	US 2	Both	3,827	7,143	17.2	14.9	13.5	12.7	12.3	12.0	—	—
2.7 mi from Houlton	US 1	Both	3,274	4,545	11.9	10.8	10.3	10.0	9.9	9.7	—	—
5.5 mi from Augusta	US 201	Both	3,035	4,221	12.5	11.0	10.1	9.9	9.7	9.6	—	—
<i>New Hampshire</i>												
8 mi from Portsmouth	US 1	Both	7,091	11,960 ^c	14.2	13.1	12.7	12.4	—	—	—	—
<i>Vermont</i>												
2 mi from Rutland	US 7	Both	6,462	11,970 ^c	15.1	13.2	12.6	12.4	12.1	12.0	11.3	—
<i>Middle Atlantic</i>												
<i>New Jersey</i>												
South River Rd., E. Brunswick Twp.		Both	4,145 ^b	—	16.5	13.3	12.7	11.2	10.8	10.5	10.3	9.8
Elmer Cantretton Rd., 16.0 mi from Bridgeton		Both	2,092 ^b	—	14.6	13.7	12.9	12.7	12.1	12.0	11.3	10.2
<i>New York</i>												
8.0 mi from Livonia	US 15	Both	8,000 ^b	—	30.3	18.5	17.8	17.1	16.4	15.9	13.9	11.9
0.05 mi W of W. Winfield Village	US 20	Both	2,800	—	26.4	19.6	18.2	16.4	15.0	15.0	12.5	10.7
<i>Pennsylvania</i>												
1.0 mi from Tinleyville	Pa 88	Both	3,848	6,823 ^c	16.7	12.0	11.1	10.8	10.5	10.3	9.8	9.3
<i>South Atlantic</i>												
<i>Delaware</i>												
4 mi SW of Milford, Sussex Co.	SR 36	Both	1,473 ^b	2,130 ^c	21.6	11.3	10.6	10.3	10.2	10.0	—	—
<i>Maryland</i>												
3.5 mi from Hagerstown	US 40	Both	9,680	—	14.5	12.3	11.7	11.3	—	10.8	—	—
<i>Virginia</i>												
0.9 mi W of Richmond (W city limits)	Rt 6	Both	11,030	14,851	16.4	14.1	13.6	13.1	12.7	12.5	11.5	10.4
11.1 mi from Bowling Green	Rt 301	Both	7,623	21,587 ^c	15.1	14.5	14.2	13.5	13.3	13.1	11.1	9.8
0.3 mi SE of Fredericksburg	Rt 2 & 17	Both	7,080	14,110 ^c	16.1	13.3	12.4	11.7	11.6	11.3	10.0	9.3
6.6 mi from Lynchburg	Rt 291	Both	6,160	8,985 ^c	12.8	11.3	10.9	10.6	10.4	10.2	9.8	9.3
1.0 mi NW of Tappahannock	Rt 17	Both	3,158	6,112 ^c	17.1	15.0	14.5	13.5	13.5	13.1	12.4	11.3
1.3 mi E of Tallyville	Rt 33	Both	1,854	3,760 ^c	23.5	20.9	19.5	18.8	17.9	17.5	14.5	11.8
1.3 mi S of Fincastle (S city limit)	Rt 220	Both	2,808	4,127 ^c	15.5	13.5	12.2	11.9	11.7	11.5	10.5	9.7
0.2 mi from Standardsville	Rt 33	Both	1,319	3,395 ^c	35.9	23.0	21.1	19.9	18.0	17.4	14.8	12.3
1.7 mi W of Rt 3	Rt 20	Both	974	2,730	36.1	23.0	20.9	19.0	18.5	18.0	15.9	13.8
12.2 mi from Farmville	Rt 45	Both	682	1,244 ^c	22.1	15.2	14.5	14.1	13.8	13.6	12.3	11.0
2.0 mi S of Steeles Tavern	Rt 56	Both	200	490 ^c	42.0	29.0	28.5	22.5	21.5	21.0	17.5	14.5
4.0 mi S of Rt 60	Rt 156	Both	198	394 ^c	35.4	26.3	24.7	21.7	19.7	19.2	16.7	13.6
<i>West Virginia</i>												
1.9 mi from Triadelphia	US 40	Both	8,886	15,120 ^c	12.0	10.4	9.9	9.8	9.6	9.4	—	—
2.1 mi from Martinsburg	US 11	Both	7,569	10,726 ^c	11.5	10.1	9.5	9.2	9.1	9.0	—	—
3.1 mi from Huntington	US 52	Both	4,558	6,552 ^c	12.3	11.2	10.7	10.4	10.2	10.2	—	—
4.8 mi from Henderson	SH 17	Both	2,889	7,571 ^c	22.1	15.0	12.9	11.9	11.5	11.1	—	—
2.9 mi from Welch	US 52	Both	3,560	4,786 ^c	11.2	9.8	9.5	9.4	9.2	9.2	—	—
<i>Florida</i>												
4.0 mi S of Punta Garda	SR 45	Both	4,795	—	14.3	13.0	12.6	12.4	12.0	11.8	11.4	—
4.0 mi E of Crestview	SR 10	Both	2,940	—	26.4	12.4	11.4	11.1	11.1	10.4	9.7	—
<i>Georgia</i>												
6 mi W of Athens	US 29 & 78	Both	9,202	16,101 ^c	22.0	11.9	10.3	9.8	9.7	9.5	—	—
3 mi NE of Statesboro	US 301	Both	6,136	10,584 ^c	14.0	11.5	11.0	10.6	10.2	9.9	—	—
1 mi SW of Midway	US 17	Both	5,301	8,279 ^c	11.3	10.6	10.3	10.9	9.8	9.6	—	—
6.5 mi SE of Thomson	US 78	Both	4,424	6,759 ^c	16.4	11.2	10.6	10.2	9.9	9.6	—	—
6 mi NE of Gainesville	US 23	Both	4,261	6,459 ^c	14.0	12.0	11.4	10.6	10.1	9.7	—	—
<i>North Carolina</i>												
1.8 mi S of Halifax city limits	US 301	Both	7,240	17,397 ^c	17.0	14.5	13.0	12.2	11.9	11.7	10.8	—
8 mi from Asheboro	US 220	Both	8,100	10,668 ^c	12.3	11.1	10.7	10.2	10.1	9.9	8.7	—
<i>South Carolina</i>												
4.9 mi S of Hardeeville	US 17	Both	5,722	10,410 ^c	13.3	11.3	10.7	10.2	9.9	9.8	9.2	8.7
4.3 mi SW of Manning	US 301	Both	4,351	9,532 ^c	17.1	15.0	14.0	13.0	12.4	12.1	11.1	10.0
10.0 mi S of Greenville	US 25	Both	3,776	5,546	12.4	11.4	10.8	10.4	10.1	10.0	9.3	8.7
5.5 mi W of Lexington	US 1	Both	3,586	5,321 ^c	12.4	10.9	10.5	10.0	9.8	9.6	9.1	8.4
1.2 mi S of Society Hill	US 15	Both	3,498	6,906 ^c	22.6	11.9	10.1	9.7	9.3	9.1	8.4	7.8
0.1 mi S of SC 97, Chester	US 321	Both	1,935	3,080 ^c	14.1	11.6	10.9	10.5	10.2	9.8	9.0	8.0
1.1 mi SE of Rosinville	US 178	Both	1,244	2,190 ^c	21.3	16.8	15.6	14.0	13.4	12.7	11.4	9.8
<i>East North Central</i>												
<i>Illinois</i>												
NE of Edwardsville	Bypass	Both	3,700	6,900 ^b	12.8	11.4	10.9	10.5	10.2	10.1	9.5	8.8
2.2 mi E of Mendota	US 66	Both	2,500	3,978	14.0	13.2	12.5	12.0	11.6	11.4	10.4	9.6
5.5 mi from London Mills	Ill 166	Both	1,550	2,610 ^c	19.0	14.6	13.8	13.2	12.8	12.5	11.4	10.3
<i>Illinois (Cont'd)</i>												
City of Watson	US 45	Both	1,500	3,041 ^c	19.0	15.7	13.4	12.6	12.2	11.9	10.6	9.6
East of Allerton	FAS 514	Both	746	1,097 ^c	17.8	12.2	11.1	10.9	10.7	10.6	10.2	9.7
<i>Indiana</i>												
3 mi from Vincennes	US 41	Both	7,542	11,499 ^c	10.6	10.1	9.7	9.5	9.3	9.0	—	—
6 mi from Paragon	SR 67 & 6	Both	5,152	9,056	16.4	14.2	13.5	12.8	12.2	12.0	—	—
6.5 mi from North Webster	SR 13	Both	2,572	769 ^c	29.9	27.5	26.4	25.2	23.8	22.2	—	—
1 mi from Argos	SR 31	Both	4,610	6,277	16.7	11.3	10.7	10.2	10.0	9.9	—	—
7.8 mi E Wapaneer	US 6	Both	3,947	5,898 ^c	12.4	11.4	10.5	10.2	9.9	9.6	—	—
2.1 mi from Rome City	SR 9	Both	2,695	4,999 ^c	16.7	15.4	14.7	14.3	13.7	13.0	—	—
<i>Michigan</i>												
1.4 mi N of Jct. US 16	US 23	Both	7,533	18,888 ^c	18.5	17.9	17.7	17.1	16.8	16.5	15.6	14.2
2.0 mi from Standish	M 76	Both	3,583	11,819 ^c	34.4	29.4	27.7	26.4	25.1	24.0	21.0	17.7
4.5 mi S of Main Four Corners, Wolverine	US 27	Both	2,915	11,550	38.2	34.1	31.6	30.2	28.8	27.7	24.0	20.4
2.7 mi S of Traverse City city limits	US 31 & M 37	Both	3,849	9,206	22.8	16.9	16.4	15.9	15.5	15.3	13.7	12.7
3.5 mi N of W city limit of Morley	US 131	Both	3,902	7,269 ^c	20.3	17.7	16.6	15.1	14.7	14.5	13.4	12.0
2.0 mi S of 4th St. in Baldwin	M 37	Both	2,722	7,714 ^c	27.3	23.9	21.4	20.5	20.1	19.8	18.1	16.1
10 mi from Tarwell	M 115	Both	1,922	6,357 ^c	32.8	29.4	27.2	25.9	25.0	23.9	20.6	17.1
2.4 mi N of Rose City N of city limit	M 33	Both	1,689	5,312 ^c	60.0	38.3	32.1	29.2	27.9	26.5	22.9	19.0
1.7 mi E of Brevort	US 2	Both	1,877	8,600	30.0	28.5	26.6	25.9	24.3	24.0	21.9	19.4
1.0 mi E of E city limit of Buchanan	Co. Rd.	Both	3,626	4,883	13.6	12.4	12.1	11.9	11.7	11.6	11.0	10.3
4.6 mi from Pentwater	US 31	Both	2,292	5,561 ^c	22.3	19.9	19.0	18.6	18.0	17.3	15.3	13.1
5.0 mi from Port Sanilac	US 25	Both	1,451	4,768	38.5	31.0	27.9	26.6	25.2	24.3	20.6	16.6
3 mi from Capac	M 21	Both	2,857	5,478	15.1	14.3	13.6	13.3	13.0	12.7	12.0	10.9
3.2 mi S of Alpena S city limit	US 23	Both	2,872	5,263 ^c	16.1	13.7	12.8	12.4	12.2	12.0	11.5	10.8
0.1 mi W of Jct. M 95—US 41—M 28	US 13	Both	2,242	5,113 ^c	21.9	17.1	16.1	15.5	15.0	14.6	13.8	12.6
0.3 mi from Hermans	M 53	Both	1,604	3,981 ^c	34.2	24.1	22.2	20.8	19.4	18.5	15.7	13.5
6.8 mi N of N jct. with M 72	US 131	Both	1,607	4,132 ^c	25.0	20.7	19.7	18.6	18.0	17.6	15.8	13.8
1.2 mi E of Jct. M 99	US 12	Both	2,838	4,120 ^c	13.0	10.9	10.5	10.3	10.1	9.9	9.3	8.6
0.7 mi W of W city limit of Homer	M 60	Both	2,858	3,697	26.0	10.9	10.3	10.1	9.9	9.7	9.0	8.4
0.5 mi from Pompeii	M 57	Both	1,586	3,151 ^c	20.2	18.3	17.3	16.2	15.9	15.3	12.9	11.2
0.4 mi E of Raco Corners	M 28	Both	1,132	2,779	24.2	21.7	20.6	20.1	19.6	19.3	18.2	16.9

TAULUKKO A.4 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAKSIKAISTAISILLA MAASEUTUALUEIDEN MAANTEILLÄ (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
			KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
0.5 mi S of US 10	M 66	Both	979	2,944 ^e	31.9	28.4	23.8	22.4	21.2	20.4	18.3	14.9
6.8 mi N of Skandia	US 41	Both	1,703	3,558 ^e	18.3	14.3	13.6	12.7	12.0	11.7	11.3	10.3
9.8 mi W of W city limit of Ithaca	Co. Rd.	Both	1,054	3,205 ^e	26.0	19.9	17.9	16.8	16.0	15.2	13.2	11.1
2.8 mi N of N city limit of Zeeland	Co. Rd.	Both	1,315	1,890 ^e	26.0	12.9	12.2	12.0	11.8	11.6	11.1	10.4
10.2 mi S of jct. with US 2	US 41	Both	1,151	2,009	17.8	14.7	14.0	13.2	12.7	12.2	10.9	9.8
1.3 mi E of E city limit of Marshall	Co. Rd.	Both	1,339	1,896	21.0	12.1	11.8	11.4	11.1	11.0	10.4	9.9
10 mi W of Iron River		Both	904	1,919 ^e	18.7	17.4	17.0	16.5	16.3	16.2	15.2	13.9
3.3 mi N of N city limit of Lake Odessa	Co. Rd.	Both	796	2,322 ^e	29.8	19.2	16.1	14.8	13.6	13.1	11.7	10.7
5.5 mi from Houghton Lake	Co. Rd.	Both	368	1,658 ^e	63.9	38.6	34.0	30.4	29.1	28.0	24.2	19.0
10 mi from Cascada	Co. Rd.	Both	707	1,333	25.6	16.4	15.7	14.7	14.1	13.9	12.7	11.7
5.1 mi N of Paw Paw St. in Lawrence	Co. Rd.	Both	612	1,257 ^e	20.6	18.3	17.2	16.3	16.0	15.7	14.2	12.7
Wisconsin												
3.7 mi from Menomonee Falls	SH 175	Both	7,521	9,806	12.9	11.5	11.1	11.0	10.9	10.8	10.5	10.1
6.0 mi from Kaukauna	US 41	Both	5,341	9,526	26.1	21.4	13.6	12.1	11.2	10.7	10.0	9.4
West North Central												
Iowa												
NW leg Jackson & US 218, Charles City	US 218	Both	7,153	10,556 ^e	12.4	11.2	10.6	10.1	9.8	9.7	—	—
1 mi S of Ames city limits	US 69	Both	6,585	9,524 ^e	12.8	11.4	11.0	10.5	10.4	10.2	—	—
0.5 mi E of Lean city limits	SH 2	Both	1,488	2,340	16.5	15.1	14.3	13.4	13.0	12.6	—	—
Kansas												
2 mi N of McPherson city limits	US 81	Both	4,237	7,458 ^e	15.6	12.4	11.1	10.9	10.8	10.6	9.7	—
2.5 mi from Leon city limits	K 96	Both	2,551	5,189 ^e	30.5	19.1	18.0	17.0	16.2	15.7	14.1	—
2.5 mi E of Great Bend, Banton Co.	US 56	Both	3,840	6,450	15.1	11.9	10.7	10.2	9.9	9.7	9.1	—
4 mi from Tonganoxie	US 24	Both	3,246	5,030	13.1	12.3	12.0	11.9	11.6	11.4	11.1	—
2.8 mi from Fort Scott city limits	US 69	Both	2,760	4,156 ^e	17.4	13.9	13.2	12.8	12.4	12.3	11.2	—
5.8 mi W of Kingman city limits	US 54	Both	3,072	5,945 ^e	19.4	13.7	11.9	11.2	10.7	10.6	10.0	—
3.0 mi NE of Viola, Sedgwick Co.	K 42	Both	2,261	3,815 ^e	19.4	15.7	14.6	14.2	13.8	13.4	12.6	—
3.7 mi N of Arkansas city limits	US 77	Both	2,601	3,375	14.0	12.6	12.3	11.9	11.7	11.5	10.9	—
1.0 mi NW of Rossville	US 24	Both	2,309	3,615 ^e	18.8	14.4	14.0	13.1	12.4	12.0	10.9	—
6.3 mi from Holton	US 75	Both	2,195	3,605 ^e	17.9	14.0	12.9	12.6	12.1	11.9	10.8	—
3 mi from Colby	US 24	Both	1,970	4,318 ^e	17.1	14.3	13.5	13.1	12.9	12.6	11.7	—
4 mi from Parsons	US 160	Both	2,055	2,811	13.6	12.8	12.2	11.8	11.4	11.1	10.0	—
4.5 mi from Iola	US 54	Both	2,102	3,437	15.3	12.8	11.7	11.4	11.0	10.9	10.0	—
3.5 mi from Belleville	US 81	Both	2,010	3,700 ^e	17.6	12.5	11.7	11.4	10.9	10.6	9.4	—
1.0 mi W of Wilson, Russell Co.	US 40	Both	1,859	3,692 ^e	21.5	14.0	12.5	11.9	11.6	11.2	10.5	—
1.5 mi from Yates Center	US 75	Both	1,830	2,836	17.7	13.6	12.6	12.1	11.9	11.6	10.7	—
7 mi from St. Johns	US 281	Both	1,747	2,969 ^e	16.8	13.1	12.0	11.6	11.1	10.6	9.8	—
3 mi from Phillipsburg	US 183	Both	1,537	2,847 ^e	24.0	14.0	12.1	11.5	11.1	10.7	10.2	—
5.5 mi from Wellington	US 81	Both	1,555	2,579 ^e	13.0	11.9	11.6	11.3	11.1	10.9	10.3	—
Kansas (Cont'd)												
1.5 mi from Lincoln	K 18	Both	1,464	3,102	23.6	15.4	13.6	11.9	11.5	10.7	10.0	—
6 mi from Arlington	K 61	Both	1,305	2,882 ^e	17.9	14.6	12.5	11.8	11.3	10.9	9.6	—
3 mi from Oakley	US 40	Both	1,203	2,419 ^e	14.9	13.6	13.1	12.8	12.5	12.3	11.5	—
4.6 mi from Clay Center	K 15	Both	1,168	1,705 ^e	15.5	12.8	12.0	11.6	11.4	11.2	10.5	—
12 mi W of Scott city limits	K 96	Both	1,072	1,922 ^e	16.3	13.5	12.5	11.9	11.6	11.3	10.5	—
8 mi from Harper	US 160	Both	992	1,593	15.7	14.5	12.8	12.2	11.8	11.3	10.4	—
7 mi from Oakley	US 83	Both	764	1,676 ^e	24.2	16.8	15.8	15.2	14.5	14.1	11.8	—
2 mi from Greeley	US 169	Both	828	2,156 ^e	32.6	15.1	13.4	12.7	12.4	12.3	11.0	—
3.5 mi from Hill City	US 283	Both	728	1,186 ^e	22.4	14.0	13.1	12.4	12.0	11.7	11.1	—
3.5 mi from Ulysses	K 25	Both	725	1,140 ^e	22.3	13.0	12.0	11.7	11.3	11.2	10.5	—
11 mi from Kingman	FAS 303	Both	385	1,021	42.6	21.3	18.4	16.6	15.3	14.3	12.7	—
7.5 mi from Dorrance	FAS 591	Both	143	379 ^e	47.6	31.5	29.4	26.6	25.2	24.5	20.3	—
0.8 mi from Mankato	FAS 340	Both	183	298	35.5	19.1	16.9	15.8	15.3	14.8	13.7	—
4.9 mi from Shakopee	US 212	Both	7,736	13,386 ^e	16.5	14.3	13.2	12.5	12.3	11.9	10.9	—
4.8 NW of Lakeville	US 65	Both	7,262	13,148 ^e	17.2	15.0	13.4	12.8	12.6	12.3	11.4	—
South Dakota												
11 mi from Rapid City	US 14 & 16	Both	3,169	6,048	16.3	14.0	13.6	13.2	—	—	—	—
6.5 mi from Sioux Falls	US 77	Both	3,254	4,729 ^e	14.8	12.2	11.4	11.0	—	—	—	—
4 mi from Huron	US 14	Both	2,392	5,961	22.1	15.9	13.4	12.7	—	—	—	—
5 mi from Aberdeen	US 12	Both	2,678	4,884	16.6	12.8	11.5	10.8	—	—	—	—
6.4 mi from White Lake	US 16	Both	1,454	2,682 ^e	47.8	16.7	14.7	14.0	—	—	—	—
2.5 mi from Watertown	US 81	Both	1,462	2,585	16.8	12.9	11.5	11.2	—	—	—	—
1.2 mi from Bonesteel	US 18	Both	841 ^b	1,392 ^e	18.3	13.0	11.8	11.2	—	—	—	—
5.5 mi SE of Wall city limits	I 90	Both	823	1,747 ^e	18.1	14.0	13.2	12.5	—	—	—	—
Nebraska												
6 mi from Fremont	US 77	Both	5,124	8,225 ^e	16.0	12.4	11.7	11.5	11.1	10.9	10.0	9.0
5 mi from Elm City	US 30	Both	4,187	8,078 ^e	14.9	12.8	12.2	12.0	11.8	11.7	11.2	10.7
4 mi W of S. Sioux City	US 20	Both	3,358	5,733 ^e	15.4	12.1	11.7	11.4	11.1	11.0	10.2	9.0
North Dakota												
9 mi from Minot	US 83	Both	4,803	7,355	19.4	16.8	16.3	15.8	14.8	14.6	—	—
3 mi from Sterling	US 10	Both	2,653	4,528 ^e	15.6	12.9	12.1	11.8	11.6	11.4	—	—
5.5 mi from Belfield	US 10	Both	1,081	3,351 ^e	33.9	21.6	20.0	19.2	18.1	17.8	—	—
0.5 mi from Michigan City	US 2	Both	1,196	2,209 ^e	18.6	14.4	13.7	13.3	12.9	12.6	—	—
East South Central												
Alabama												
2.6 mi E of Barton city limits, Colbert Co.	US 72	Both	5,064	6,976	15.5	14.7	14.5	14.2	13.9	13.8	13.5	12.6
7.5 mi from Montgomery City	US 82 & US 231	Both	5,982	10,617	13.1	11.4	10.8	10.1	10.0	9.8	9.1	8.4
11 mi S of Mobile at Dog River	SH 63	Both	4,536	7,532 ^e	17.2	14.4	13.6	13.1	12.7	12.4	11.2	10.0
2 mi W of Riverside, St. Clair Co.	US 78	Both	5,154 ^b	7,847 ^e	18.4	12.2	11.5	11.2	10.9	10.7	9.8	8.7
3.5 mi NE of Loxley, Baldwin Co.	US 90	Both	5,281	8,108 ^e	12.9	11.2	10.8	10.6	10.4	10.3	9.8	9.1
1.5 mi from Madison, Madison Co.	US 72A & SH 20	Both	4,851	6,637	20.5	11.5	10.9	10.6	10.5	12.3	9.7	9.1
0.5 mi SW of Mt. Vernon, Mobile Co.	US 43	Both	3,520	4,863 ^e	12.5	12.0	11.3	11.1	10.9	10.6	9.7	9.1
1.2 mi from Paint Rock, Jackson Co.	US 72	Both	2,638	5,081 ^e	15.1	13.9	13.1	12.7	12.3	12.2	11.4	10.2
Kentucky												
1.5 mi SE of Mt. Vernon	US 25	Both	5,734	—	16.7	14.3	13.1	12.6	12.4	12.0	—	—
1 mi S of Crofton	US 41	Both	4,190	—	20.8	12.2	11.0	10.3	9.8	9.5	—	—
1 mi NW of Flemingsburg	Ky 11	Both	2,533	—	23.7	17.0	15.4	14.6	14.2	13.8	—	—
2 mi SE of Sturgis	US 60	Both	3,225	—	16.1	12.7	12.0	11.4	10.9	10.5	—	—
4 mi N of Pikeville	US 23	Both	3,500	—	12.6	11.4	10.6	10.3	10.3	10.0	—	—
2 mi W of Grayson	US 60	Both	3,103	—	13.5	12.2	11.9	11.3	11.0	11.0	—	—
8 mi from Frankfort	US 60	Both	3,058	—	14.4	12.4	11.8	11.4	11.4	11.1	—	—
3 mi E of Caneyville	US 62	Both	2,047	—	16.6	14.7	14.2	13.7	13.2	13.2	—	—
0.8 mi W of Loyal	US 119	Both	2,596	—	13.8	10.5	10.1	10.0	9.8	9.6	—	—
4 mi N of Dry Ridge	US 25	Both	1,930	—	15.9	14.0	14.0	13.5	13.0	13.0	—	—
1 mi SW of Wingo	US 45	Both	2,001	—	13.0	11.0	10.5	10.5	10.0	9.5	—	—
2 mi W of Campton	Ky 15	Both	1,429	—	16.3	14.7	13.9	13.3	13.3	12.6	—	—
1.8 mi SE of Shelbyville, Old Taylorsville Rd.		Both	364	—	24.7	14.0	13.7	12.9	12.1	11.8	—	—
Mississippi												
6 mi W of W city limit of Bay St. Louis	US 90	Both	6,520	12,038 ^e	16.2	14.7	14.2	13.7	13.4	13.1	11.7	10.4
1.5 mi E of E city limit of Bolton	US 80	Both	4,656	7,989	11.1	10.4	9.9	9.7	9.6	9.4	9.0	8.1
1.5 mi N of N city limit of Madison	US 51	Both	4,279	5,621	11.4	10.4	10.2	10.0	9.9	9.6	9.1	8.5
7 mi from Columbus	US 82	Both	3,131	6,056 ^e	22.5	11.9	10.5	10.1	9.8	9.5	8.9	

TAULUKKO A.4 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAKSIKAISTAISILLA MAASEUTUALUEIDEN MAANTEILLÄ (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
			KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
Tennessee												
3.6 mi SW of Brownsville	US 70	Both	4,547	7,347*	17.8	14.5	13.5	13.0	12.5	12.1	10.4	8.8
2.5 mi from Murfreesboro	US 41	Both	5,138	9,126*	12.9	11.3	11.0	10.7	10.5	10.3	9.5	7.8
11.5 mi from Madisonville	US 411	Both	3,902	6,646*	17.9	13.8	13.0	12.5	12.1	11.8	10.2	9.5
2.7 mi from Dayton	US 27	Both	4,291	7,458	15.2	10.6	10.1	9.8	9.7	9.5	8.9	8.0
West South Central												
Arkansas												
0.5 mi from Forrest City	US 70	Both	10,125	11,800*	9.4	8.8	8.5	8.4	8.3	8.2	—	—
2.6 mi from Hazen	US 70	Both	4,569	6,186*	11.8	10.6	10.1	9.8	9.6	9.5	—	—
6 mi SW of Prescott	US 67	Both	4,250	6,150*	13.7	11.4	10.8	10.4	10.1	9.9	—	—
2.4 mi from Wilson	US 61	Both	4,800	6,125*	13.3	9.6	9.2	9.0	8.8	8.7	—	—
5.5 mi from Marlington	US 64	Both	4,025	5,200*	15.0	11.6	11.3	10.6	10.5	10.3	9.5	—
Louisiana												
1.0 mi S of Plaquemine	La 1	Both	3,541	4,586	13.4	11.2	10.8	10.3	10.1	9.9	8.9	8.3
Oklahoma												
3 mi from Duncan	US 81	Both	5,938	—	12.3	10.4	10.0	9.6	9.3	9.2	8.7	—
2 mi N of Davis city limits	US 77	Both	4,306	—	18.5	15.2	13.8	12.8	12.1	11.8	9.8	—
4 mi W of Stillwater	SH 51	Both	3,324	—	21.8	19.0	17.1	15.1	14.1	13.3	10.4	—
3 mi W of Vinita	US 66	Both	4,650	—	12.5	10.8	10.3	10.0	9.8	9.6	8.7	6.9
6.5 mi NE of Durant	US 69	Both	3,703	—	14.7	11.9	11.4	10.0	9.5	9.1	7.8	—
3 mi E of Keystone	US 64	Both	3,026	—	15.5	13.2	12.0	11.6	10.9	10.6	9.1	—
12 mi from Enid	US 81	Both	3,014	—	13.6	12.0	11.7	11.4	11.0	10.7	9.7	7.5
1.5 mi from Colgate	US 75	Both	2,733	—	21.2	15.1	12.1	11.6	10.6	10.3	8.9	—
2 mi SW of Woodward	US 183	Both	2,424	—	13.9	12.0	10.7	10.4	10.1	9.9	9.2	—
3.5 mi from Hobart	US 183	Both	2,237	—	16.9	12.3	11.7	11.0	10.9	10.5	9.4	—
8.5 mi from McAlester	US 270	Both	1,642	—	24.7	14.3	12.7	11.9	11.5	11.3	10.1	—
6 mi E of Wetumka	SH 9	Both	1,150	—	21.9	16.7	15.6	15.0	14.5	13.9	12.3	9.0
Texas												
3.0 mi from Humble	US 59	Both	8,190	13,155*	15.9	14.3	13.7	13.3	12.7	12.6	11.4	10.2
1.0 mi E of Cypress, Harris Co.	US 290	Both	6,200	10,900*	18.3	15.1	14.2	13.4	12.9	12.8	11.0	9.5
Mountain												
Arizona												
11 mi from Flagstaff	US 66	Both	4,440	10,496*	15.7	11.3	10.9	10.8	10.8	10.7	10.7	10.6
7 mi from Ashfork	US 66	Both	3,253	8,735*	17.5	11.5	11.1	11.0	10.9	10.9	10.9	10.8
19 mi from Globe	US 70	Both	1,768	4,220*	16.1	9.4	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7	8.7
Colorado												
1 mi from Sedalia	SH 67	Both	611	2,788*	42.4	38.8	34.9	32.6	31.8	30.9	26.5	20.8
1 mi W of Ault	SH 14	Both	1,465	2,386*	14.8	13.4	12.8	12.4	12.2	11.9	10.9	10.0
Idaho												
8.2 mi SE of jct. with SH 21 in Boise	US 30	Both	5,455	8,807	14.4	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	10.9	10.0
8.7 mi SE of Center St. in Pocatello	US 91, US 191, US 30	Both	4,537	7,300*	13.7	12.3	11.6	11.2	10.2	10.8	10.0	9.3
3.0 mi E of jct. with US 410 in Lewiston	US 95	Both	3,802	5,647*	14.6	13.0	12.3	11.8	11.4	11.2	10.5	9.8
Montana												
10 mi E of Missoula	I 90	Both	2,651	5,306*	15.3	14.7	14.4	14.1	14.0	13.9	13.3	—
1 mi E of East Helena	US 12 & SH 287	Both	1,958	4,497*	18.5	17.1	16.3	15.8	15.5	15.2	13.7	—
1 mi W of Superior	I 90	Both	1,847	4,389	19.6	17.3	16.6	16.4	16.1	15.8	15.1	—
8 mi N of West Yellowstone	US 191	Both	1,041	3,514*	31.2	28.3	26.9	26.2	25.8	25.5	23.7	—
2 mi from Havre	US 87 & US 2	Both	2,326	3,576	15.7	11.1	10.7	10.4	10.4	10.3	9.7	—
Nevada												
15 mi from Las Vegas	US 95	Both	4,137	7,527*	25.7	18.5	17.6	17.0	16.6	16.3	15.3	13.7
0.5 mi W of W city limits of Tonopah	US 6 & US 95	Both	1,274	2,164*	17.7	12.2	11.2	10.9	10.7	10.4	10.0	9.3
New Mexico												
W of Tucumcari	US 66	Both	4,425	10,841*	17.2	15.1	14.6	13.8	13.2	12.8	12.1	11.3
3.5 mi S of Taos	US 64	Both	3,825	7,908*	16.2	14.1	13.9	13.4	13.2	12.9	11.9	11.0
16.5 mi from Albuquerque	NM 10	Both	1,784	5,395*	37.1	29.6	28.1	27.6	26.2	25.3	22.3	18.6
9.8 mi S of Roswell	US 285	Both	4,198	6,119*	13.3	11.9	11.6	11.4	11.2	11.1	10.5	9.8
3.3 mi W of Deming	US 70 & US 80	Both	3,649	9,830*	17.6	14.6	13.4	12.7	12.2	11.9	10.9	—
6.5 mi from Los Lunas	US 85	Both	3,198	4,981*	14.6	13.1	12.6	12.0	11.8	11.5	10.9	—
Utah												
1 mi from Sigurd	US 89	Both	2,423	4,949*	22.3	14.2	13.2	12.6	12.0	11.8	—	—
1 mi from Grantsville	US 40	Both	2,458	5,291*	14.6	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	—	—
Wyoming												
8.6 mi from Casper	US 20, US 26, US 80	Both	2,548	4,721*	14.0	12.4	11.7	11.5	11.5	11.3	—	—
11.4 mi from Cody	US 14	Both	846	4,008*	37.9	33.2	31.1	30.5	29.1	28.3	—	—
5.5 mi E of Gillette E corporate limit	US 14 & US 16	Both	1,659	3,480	17.7	16.5	15.8	15.4	15.3	14.9	—	—
7 mi N of Kemmerer N city limit	US 189	Both	446	941*	20.6	17.7	16.4	15.5	15.2	14.8	—	—
8 mi N of Carpenter	FAS 1103	Both	248	442	33.5	21.8	19.0	17.3	16.5	15.7	—	—
Pacific												
Oregon												
E of Gresham	US 26	Both	10,069	15,198*	13.3	12.4	12.0	11.7	11.4	11.2	10.5	—
2 mi N of Newberg	US 99	Both	7,070	12,436*	15.7	14.5	13.6	13.1	12.8	12.5	11.2	—
Washington												
2.8 mi from Cleelum	US 10	Both	6,607	14,958*	23.0	18.0	17.0	16.0	15.6	15.2	13.4	11.9
6.0 mi N of Cheney	PSH 11	Both	6,193	9,827*	12.4	10.7	10.3	10.2	10.0	9.8	9.3	8.9
Jct. PSH 9 & PSH 9 at Discovery Bay, NW leg	PSH 9	Both	2,457	5,854*	24.7	20.2	18.4	17.6	16.9	16.5	14.9	13.0
Jct. SSH 8A & SSH 1-U, 3.1 mi E of Vancouver		Both	3,176	4,988	11.9	10.9	10.6	10.4	10.4	10.2	9.9	9.2
Jct. PSH 3 (US 410) & PSH 3, Wallula jct. E leg, 16.4 mi from Walla Walla	PSH 3	Both	2,275	3,537*	13.8	12.4	12.2	11.7	11.5	11.4	10.6	9.8
1.2 mi N of Freeman	SSH3-H	Both	1,627	2,842*	17.3	14.8	14.1	13.6	13.4	13.0	11.9	10.6
2.0 mi N of jct. SSH 11-G & SSH T.C. near Othello	SSH11-G	Both	1,893	3,005	16.6	11.3	10.7	10.3	10.1	9.9	9.2	8.8
1.5 mi E of Tenino	SSH5-H	Both	794	2,380*	20.5	16.4	15.5	15.0	14.2	14.0	12.8	11.5
Alaska												
Anchorage-Seward Hwy., Anchorage	FAP 31	Both	8,960	13,287*	15.7	10.7	10.4	10.3	10.2	10.1	9.6	8.9
2.9 mi S of Eagle River	FAP 42	Both	3,089	7,027*	20.0	16.9	16.4	15.5	15.0	14.8	13.5	12.5
0.1 mi S of Potter Creek	FAP 31	Both	1,090	4,364*	48.3	38.3	34.2	32.1	31.1	29.8	25.5	17.9
1.1 mi N of Juneau NW city limit	FAP 95	Both	1,330	3,431*	26.2	20.0	19.2	18.2	17.4	16.8	—	—
1.0 mi N of Ketchikan W city limit	FAS 920	Both	1,507	2,179	16.9	14.4	13.9	13.6	13.5	13.3	—	—

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi joko lauantaina tai sunnuntaina.

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä länteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

TAULUKKO A.5 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORITEILLÄ

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i>													
<i>Maine</i>													
0.7 mi W of US 1A, Bangor	4	I 395	EB			19.6	13.3	12.9	12.1	11.7	11.4	—	—
			WB			21.4	11.5	10.1	9.8	9.6	9.5	—	—
			Both	7,120	10,534								
1.7 mi from Augusta	4	I 95	NB			32.4	22.5	20.8	18.9	17.3	16.5	—	—
			SB			32.1	23.2	20.5	19.2	17.7	17.3	—	—
			Both	2,167	6,013 ^a								
<i>Massachusetts</i>													
2.3 mi W of Mattapoisett	4	US 6	Both	15,988	25,509 ^a	16.8	11.4	11.0	10.9	10.7	10.6	10.2	9.7
<i>New Hampshire</i>													
0.5 mi from Concord	4	I 93	Both	11,804	20,737	20.4	15.9	15.3	14.8	14.3	13.9	—	—
0.6 mi from Concord	4	I 93	Both	11,554	21,167 ^a	21.4	16.6	15.6	14.9	14.5	14.1	12.5	—
0.5 mi S. Jct. US 3	4	I 93	Both	4,035	15,925 ^a	24.7	20.2	19.1	18.2	17.4	16.5	14.2	—
2.0 mi from Manchester	4	I 193	Both	6,352	9,622	15.3	14.3	13.7	13.4	13.1	12.8	12.1	11.2
<i>Rhode Island</i>													
Pawtucket River Bridge	6	I 95	EB			11.2	8.8	—	—	—	—	—	—
			WB			11.1	10.3	9.8	8.6	8.2	—	—	—
			Both	19,216	24,293	10.1	9.7	9.2	8.7	8.3	8.2	—	—
<i>Middle Atlantic</i>													
<i>New York</i>													
Long Island Expwy. at 82nd St.	6	I 495	EB			9.4	8.4	8.2	8.1	8.0	7.9	7.6	7.1
			WB			9.4	8.8	8.6	8.3	8.2	8.1	7.6	7.1
			Both	127,910	157,940								
15 mi from N. Y. City, Nassau Co.	6	NYS 495	Both	119,300 ^a	—	8.4	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.1	7.9
Cross Island Pkwy. at 114th Ave., New York City	6		NB			11.9	10.6	10.3	10.1	10.0	10.0	9.6	8.8
			SB			14.4	13.4	12.8	12.6	12.1	11.8	10.8	9.9
			Both	66,610	92,000 ^a								
New England Thrwy., N. Y. City	6		NB			12.4	10.7	10.0	9.6	9.5	9.3	9.0	8.4
			SB			12.6	11.4	10.9	10.8	10.6	10.5	10.0	9.2
			Both	47,420	65,970 ^a								
Henry Hudson Pkwy., N. Y. City	6		NB			14.3	13.3	12.7	12.2	11.8	11.5	10.5	9.8
			SB			15.1	13.7	13.3	13.1	12.9	12.8	11.8	10.9
			Both	37,310	38,700								
Rockaway Blvd. at Queens; N. Y. City	6		NB	37,690	49,170	14.4	12.6	11.7	11.4	11.1	10.9	10.3	9.6
<i>Pennsylvania</i>													
Schuylkill Expwy. 2 mi from Philadelphia	6	I 805	EB			11.0	10.6	10.5	10.5	10.4	10.4	—	—
			WB			10.4	9.9	9.8	9.8	9.7	9.7	—	—
			Both	113,564	134,855	8.9	8.8	8.7	8.6	8.6	8.6	8.4	8.2
Allegheny Co., 4 mi from Pittsburgh	4	I 70	EB			12.4	11.9	11.7	11.5	11.3	11.2	—	—
			WB			11.6	11.4	11.3	11.2	11.1	11.1	—	—
			Both	55,896 ^a	70,290								
Fort Pitt Tunnel, 1 mi from Pittsburgh	4	I 70	EB			13.1	12.8	12.7	12.7	12.6	12.6	—	—
			WB			15.0	14.4	14.1	14.0	13.9	13.8	—	—
			Both	47,489	58,012	10.9	10.7	10.6	10.5	10.5	10.4	10.1	9.9
W end of South (John Harris) Br., 3.5 mi from Harrisburg	4	I 83	NB			13.8	12.9	12.6	12.5	12.4	12.3	—	—
			SB			14.5	12.9	12.6	12.5	12.3	12.3	—	—
			Both	36,974	47,818	11.7	11.1	10.9	10.7	10.6	10.4	10.0	9.6
E. app. to Penrose Ave. Br., 5 mi from Philadelphia	6	Pa 291	EB			14.3	12.7	12.5	12.3	12.2	12.1	—	—
			WB			12.0	11.5	11.4	11.2	11.2	11.1	—	—
			Both	47,010	57,381	12.0	11.3	11.1	11.0	10.9	10.8	10.6	10.3
<i>South Atlantic</i>													
<i>Maryland</i>													
S of US 40W, 0.9 mi from Catonsville	4	I 695	NB			11.0	10.2	10.0	10.1	—	9.7	—	—
			SB			10.3	9.9	9.8	9.7	—	9.3	—	—
			Both	40,763	—	9.0	8.7	8.6	8.5	—	8.3	—	—
S of US 1, 0.8 mi from Fullerton	4	I 695	NB			14.8	14.2	13.9	13.7	—	13.4	—	—
			SB			15.7	14.9	14.7	14.6	—	14.4	—	—
			Both	27,446	—	11.2	10.7	10.6	10.5	—	10.4	—	—
<i>West Virginia</i>													
Fort Henry Br., 9th & Main St., 3.0 mi from Wheeling	4	US 40 & 250	EB			17.9	15.3	14.1	13.6	13.1	12.6	—	—
			WB			12.0	11.2	10.8	10.7	10.5	10.4	—	—
			Both	21,692	37,006 ^a								
<i>Florida</i>													
US 92, approx. 4.0 mi NE of St. Petersburg	4	SR 600	EB			15.2	13.1	12.4	12.2	12.0	11.6	10.5	—
			WB			23.0	15.2	13.9	13.5	13.3	12.9	11.4	—
			Both	9,415	—								
<i>East North Central</i>													
<i>Illinois</i>													
Congress St. Expwy., Chicago	8	I 90	EB			16.5	14.8	14.6	14.4	14.3	14.2	13.8	13.5
			WB			—	—	—	—	—	—	—	—
			Both	89,000 ^a	118,680	10.9	10.2	10.1	9.9	—	—	—	—
Kingery Expwy. at Wentworth Ave., Lansing	4	I 80-90- 294	EB			14.1	13.0	12.7	12.2	11.9	11.7	10.8	10.1
			WB			—	—	—	—	—	—	—	—
			Both	27,600 ^a	44,570	10.7	10.2	9.9	9.7	—	—	—	—
Edens Expwy. 3.4 mi from Highland Park	6	FAP 199	NB			12.2	11.6	11.5	11.3	11.0	10.8	10.4	9.9
			SB			—	—	—	—	—	—	—	—
			Both	27,000 ^a	35,800 ^a	9.9	9.4	9.3	9.2	—	—	—	—
<i>West North Central</i>													
<i>Kansas</i>													
0.1 mi NE of Lenexa	4	I 35	Both	10,786	15,097 ^a	17.2	11.5	11.0	10.8	10.7	10.6	10.2	—
<i>East South Central</i>													
<i>Mississippi</i>													
1.0 mi W of US 45, Meridian	4	US 11 & 80	EB			10.6	10.1	9.7	9.6	9.5	9.3	9.0	8.4
			WB			11.4	9.5	9.1	8.9	8.8	8.7	8.3	7.9
			Both	10,199	14,748	10.1	9.3	9.0	8.9	8.9	8.8	8.4	7.9

TAULUKKO A.5 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORITEILLÄ (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST- LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
2.5 mi S of Jackson	4	US 51	NB SB Both	6,242	8,894 ^c	19.3 18.5 12.8	13.9 14.0 11.0	12.9 13.3 10.6	11.8 12.5 10.4	11.5 12.1 10.2	11.3 11.7 10.0	10.5 11.1 9.4	9.6 9.9 8.7
Tennessee 0.6 mi from Knoxville	4	I 75	NB SB Both	20,417	28,230	16.3 16.3 12.8	15.3 15.2 11.3	15.0 14.7 11.1	14.8 14.5 10.9	14.6 14.2 10.8	14.4 13.9 10.7	13.8 13.1 10.5	12.6 11.7 9.8
4.6 mi from Nashville	4	Tenn 1	EB WB Both	24,129	33,615 ^c	12.7 12.4 11.5	11.8 11.3 10.5	11.6 11.1 10.3	11.3 10.9 10.2	11.1 10.8 10.2	11.0 10.7 10.1	10.5 10.4 9.7	10.0 9.8 9.2
Magnolia Expwy., Knoxville	4	I 40 & 75	EB WB Both	21,785	28,743	12.8 11.5	12.0 10.5	11.9 10.3	11.8 10.2	11.6 10.2	11.4 10.1	10.9 9.7	9.6 9.2
West South Central Arkansas Miss. R. Br., 1.0 mi from Memphis	4	I 55	NB SB			15.7 16.6	13.1 14.8	10.9 13.6	10.3 13.2	10.0 12.6	9.8 12.5	9.3 10.4	8.3 8.8
Louisiana New Orleans Expwy., New Orleans	6	I 10	EB WB Both	38,542	50,693	21.5 22.2 21.4	19.1 18.4 12.4	18.4 17.8 12.0	18.1 17.7 11.8	17.7 17.5 11.7	17.3 17.3 11.6	15.9 16.7 11.2	14.1 15.2 10.8
Oklahoma N of jct. of I 40, Oklahoma City	6	I 35	Both	19,157	—	14.8	12.1	11.5	11.3	11.0	10.7	8.2	—
Texas 2.0 mi from San Antonio	4	I 10	NB SB Both	52,000	65,261	14.2 15.5	13.9 14.7	13.7 14.5	13.6 14.3	13.6 14.2	13.5 14.1	13.2 13.8	12.4 12.3
1.0 mi from San Antonio	4	I 35	NB SB Both	41,172	48,544	15.0 12.3	14.5 11.6	14.3 11.3	14.2 11.2	14.1 11.1	13.9 11.0	13.4 10.7	12.0 10.3
Gulf Fwy. 6 mi from Houston	6		NB SB Both	70,180	85,995	12.4 12.9	12.1 12.7	11.9 12.6	11.7 12.5	11.6 12.4	11.3 12.3	10.3 11.8	9.1 10.4
Central Expwy. at Ross Ave., Dallas	6	US 75	NB SB Both	60,406	78,210	14.8 14.8	13.7 13.5	13.5 13.1	13.2 13.0	13.0 12.9	12.9 12.8	12.1 12.4	11.2 11.9
1.5 mi from Austin	4	I 35	NB SB Both	30,953	44,286	17.5 16.5	16.0 15.8	15.7 15.6	15.5 15.4	15.2 15.2	15.1 15.1	14.6 14.6	12.9 9.7
1.5 mi from Ft. Worth	6	I 35W	NB SB Both	51,677	66,432	13.7 13.5	13.2 12.7	13.1 12.3	13.0 12.2	12.9 12.1	12.9 12.0	12.6 11.8	11.5 11.0
6.7 mi from Houston	6	I 45	NB SB Both	44,920	62,798	14.4 15.0	13.5 12.6	13.1 12.3	13.1 12.1	12.9 11.9	12.8 11.8	11.8 11.1	10.0 10.3
East Texas Fwy., 1.0 mi from Houston	6		NB SB Both	41,170	49,538	14.6 13.9	14.0 13.2	13.8 13.0	13.7 13.0	13.6 12.9	13.5 12.8	12.8 12.5	12.1 12.0
Texas (Cont'd) 1 mi from San Antonio	4	I 35	NB SB Both	29,954	41,499	13.9 14.3	13.0 13.8	12.7 13.4	12.5 13.3	12.4 13.1	12.4 13.1	12.0 12.5	11.1 11.6
1 mi from Beaumont	4	I 10	EB WB Both	22,867	30,609	11.8 13.5	11.2 12.8	11.1 12.3	10.9 12.0	10.8 11.9	10.7 11.8	10.2 11.1	9.6 10.4
2.0 mi from Beaumont	4	I 10	EB WB Both	18,992	24,729 ^c	13.9 12.3	12.0 11.6	11.7 11.4	11.5 11.2	11.4 11.1	11.2 11.0	10.8 10.5	10.3 9.7
5 mi from Fort Worth	6	I 820	NB SB Both	8,639	10,920	17.4 19.2	16.7 18.2	16.4 17.9	16.2 17.7	16.1 17.5	15.9 17.5	15.4 17.1	14.6 16.2
Mountain Colorado 3 mi from Denver	6	I 25	NB SB Both	56,400	75,151	16.0 13.1 13.4	14.7 12.4 13.0	14.4 12.2 12.6	14.0 12.0 12.4	13.8 11.7 12.2	13.5 11.6 12.0	13.2 11.3 11.6	12.6 10.9 11.3
Wyoming 2.7 mi from Cheyenne	4	I 25, US 85 US 87	NB SB Both	1,656	2,264	17.8 17.8	14.6 14.4	14.1 13.9	13.4 13.3	12.9 12.8	12.2 12.4	— —	— —
Pacific Oregon Columbia R. Hwy., Portland	6	I 80N	EB WB Both	44,342	60,502	17.0 19.1 11.5	16.0 17.7 11.1	15.7 17.4 11.0	15.6 17.1 10.8	15.5 16.9 10.7	15.4 16.6 10.7	— — 10.5	— — —
Pacific Hwy., 3 mi from Portland	6	I 5	NB SB Both	31,922	42,383	16.4 15.9 12.1	15.6 15.1 11.1	15.1 14.7 10.7	15.0 14.6 10.5	14.8 14.5 10.5	14.6 14.4 10.4	14.1 13.8 10.1	— — 9.7
Eugene-Springfield Hwy., 2 mi from Eugene	4	I 105	Both	12,230	18,017	13.4	11.7	11.1	11.0	10.7	10.7	10.0	9.6

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi jo-
ko lauantaina tai sunnuntaina.

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä länteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

TAULUKKO A.6 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAUPUNKIALUEIDEN MOOTTORIKADUILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i> Rhode Island 0.5 mi from East Providence	6	I 195	NB SB Both	28,625	35,182	15.9 15.3 11.5	13.7 14.1 10.5	12.4 9.8 10.1	— — 9.6	— — 9.2	— — 9.0	— — —	— — —
<i>Middle Atlantic</i> New York 21 mi from New York City	6	NYS 27	Both	20,800 ^b	—	11.6	10.4	9.8	9.5	9.4	9.1	8.5	7.8
<i>South Atlantic</i> Delaware 1 mi from Newark	4	Del. 2	Both	14,755 ^b	19,519 ^c	11.9	11.2	11.1	10.7	10.6	10.5	—	—
<i>East South Central</i> Mississippi 3 mi from Jackson	2	US 80	Both	12,103	15,330	13.3	9.5	9.1	9.0	8.9	8.7	8.3	7.7
Natchez Br. over Miss R. in Natchez	2	US 65 & US 84	Both	10,363	14,253 ^c	10.7	9.5	9.2	9.0	8.9	8.7	8.3	7.9
3 mi from Gulfport	4	US 90	EB WB Both	18,703	25,658 ^c	9.6 14.2 10.2	8.6 10.3 9.0	8.3 10.0 8.8	8.2 9.8 8.7	8.2 9.7 8.6	8.1 9.6 8.6	7.9 9.3 8.2	7.6 8.9 7.9
<i>Tennessee</i> East Parkway at Southern R. R. Underpass in Memphis	4		NB SB Both	29,929	36,414	10.7 10.7	9.8 10.1	9.6 9.9	9.6 9.7	9.4 9.7	9.4 9.6	9.1 9.4	8.2 8.7
<i>West South Central</i> Arkansas 1 mi from Little Rock	4	SH 10	EB WB Both	16,000	18,900	17.5 20.7	16.5 17.7	16.1 17.3	15.6 17.1	15.4 16.9	15.2 16.8	— —	— —
<i>Oklahoma</i> W of Classen Circle, Oklahoma City	4	I 440	Both	39,143	—	10.9	10.3	10.0	9.8	9.6	9.5	8.6	—
Between Lincoln Blvd. and Kelley Ave., Oklahoma City	4	I 440	Both	21,552	—	11.8	10.0	9.7	9.6	9.5	9.3	8.9	—
<i>Texas</i> 0.5 mi from Lubbock	6	US 84	NW SE Both	13,000	18,902 ^c	12.9 17.4	10.8 13.8	10.4 13.5	10.3 13.3	10.2 13.0	10.1 12.9	9.6 12.1	9.0 10.8
<i>Mountain</i> Arizona 0.8 mi from Tempe	4	US 60	Both	22,777	31,647	11.3	9.5	9.3	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1
4 mi from Tucson	4	I 10	NB SB Both	9,866 6,890	12,510 ^b 9,996 ^c	16.5 16.2	8.9 9.2	8.7 8.8	8.6 8.8	8.5 8.7	8.5 8.6	8.5 8.5	8.4 8.4
1 mi from Yuma	4	US 80	Both	6,890	9,996 ^c	11.0	8.0	7.3	7.2	7.2	7.2	7.1	7.1
<i>Colorado</i> Speer Blvd. between Franklin and Gilpin Sts., Denver	6		EB WB Both	24,779	34,449	17.3 12.8 12.6	15.3 11.5 11.9	14.7 11.2 11.7	14.4 11.0 11.5	14.1 10.9 11.4	13.7 10.7 11.3	12.3 9.9 10.9	8.8 7.7 10.4
<i>Pacific</i> Oregon 1 mi from Eugene	4	US 99W	Both	20,100	28,836	11.9	10.7	10.4	10.1	—	9.7	—	—
<i>Washington</i> Jct. PSH 1 & North 175th in Seattle	4	US 99	SB	49,432	62,886	12.4	10.9	10.8	10.6	10.6	10.5	10.1	9.1
Jct. PSH 2 & 61st Ave. in Seattle	4		EB	27,240	25,680	13.0	12.5	12.3	12.1	11.9	11.8	11.3	10.7

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu

Sarakkeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä länteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi jo-
ko lauantaina tai sunnuntaina.

TAULUKKO A.7 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MONIKAISTAISILLA KADUILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i> Maine 1.4 mi from Portland	4	Rt 100	NB SB Both	14,636	17,958	11.8 8.8 10.3	10.3 7.7 9.7	9.5 7.2 9.4	8.6 6.7 9.3	7.6 6.2 9.2	— — 9.2	— — —	— — —
0.6 mi from Bangor	4	US 1A	NB SB Both	18,171	23,417 ^c	8.8 11.0 9.7	7.8 9.0 9.0	7.1 7.6 8.9	6.8 7.0 8.7	6.4 6.5 8.7	6.1 6.2 8.6	— — —	— — —
<i>New Hampshire</i> Main St. in Concord	4	US 3 & US 202	Both	13,518	18,722	10.3	9.7	9.5	9.4	9.3	9.2	—	—
Elm St. in Manchester	4	US 3	Both	11,587	15,323 ^c	10.5	9.8	9.1	8.8	8.7	8.6	8.3	—
<i>Rhode Island</i> 2 mi from Cranston	4	RI 2-3	Both	31,581	35,297	9.2	8.6	8.5	8.2	7.9	7.8	—	—
Pawtuxet R. Bridge, Warwick	4	RI 117	Both	22,612	35,260	12.0	10.7	10.1	9.9	9.7	9.4	—	—
2 mi from Warwick	4	RI 2	Both	19,150	37,492	19.3	13.6	11.7	10.8	9.9	9.4	—	—
0.1 mi from Newport	4	RI 138	Both	16,926	20,904 ^c	9.5	8.0	7.7	7.4	7.3	7.2	—	—
<i>Vermont</i> 0.2 mi from Winooski	4	US 7	Both	15,863	23,494 ^c	11.4	10.7	10.4	10.2	10.0	9.9	9.5	—
0.5 mi from Montpelier	4	US 2	Both	4,608	6,742	15.8	14.9	14.3	14.0	13.6	13.0	11.6	—
<i>Middle Atlantic</i> New York 1.5 mi from Larchmont	4	US 1	Both	16,200 ^b	—	16.4	11.7	10.3	10.1	9.7	9.4	8.4	7.6
<i>Pennsylvania</i> 3 mi from S Williamsport	4	US 15	NB SB Both	17,813	23,767	14.8 14.2 11.0	10.0 11.1 9.7	9.1 10.8 9.5	8.9 10.7 9.3	8.7 10.6 9.2	8.6 10.4 9.1	— — —	— — —
<i>South Atlantic</i> Maryland 1.8 mi S of Glen Burnie	4	Md 2	NB SB Both	26,918	—	13.5 13.1 10.0	12.6 12.0 9.7	12.2 11.7 9.4	11.9 11.6 9.2	— — —	11.4 11.3 8.8	— — —	— — —
<i>Florida</i> 1.0 mi N of Miami Beach	4	SR A1A	NB SB Both	22,915 ^b	—	13.0 14.4	11.7 11.5	11.3 10.9	11.0 10.5	10.9 10.2	10.8 10.1	10.2 9.4	— —

TAULUKKO A.7 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT MONIKAISTAISILLA KADUILLA (JATK.)

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	AJO- KAIST. LUKU- MÄÄRÄ	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STA							
				KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
Tallahassee	4	US 90	EB			13.5	9.8	9.4	9.2	9.1	9.0	8.6	—
			WB			12.6	11.1	10.7	10.4	10.1	10.0	9.6	—
			Both	17,535	—								
1 mi from Orlando	4	US 441	Both	20,700	—	9.9	9.5	9.1	9.0	8.8	8.7	8.4	—
S of Warren Br., Jacksonville	4	US 17	Both	12,245	—	11.6	11.0	10.7	10.7	10.6	10.5	10.3	—
Georgia													
3.1 mi from Atlanta	6	US 19	Both	27,830 ^b	35,662	10.5	9.7	9.6	9.4	9.4	9.3	8.1	—
2.5 mi from Atlanta	4	US 78	Both	19,660 ^b	30,533	12.3	10.7	10.0	9.7	9.4	9.2	8.8	—
0.3 mi from Atlanta	4	US 19	Both	20,711 ^b	26,503	10.5	9.6	9.3	9.2	9.0	9.0	8.7	—
East North Central													
Ohio													
3.5 mi from Cincinnati	4	US 50	EB			15.7	15.1	14.9	14.7	14.5	14.4	—	—
			WB			14.1	13.3	13.2	13.0	12.9	12.8	—	—
			Both	29,132	35,429	10.4	10.2	10.0	9.8	9.8	9.7	9.3	8.7
6.7 mi from Cincinnati	4	US 42	NB			11.0	10.8	10.5	10.4	10.3	10.3	10.0	9.6
			SB			10.1	9.6	9.5	9.4	9.3	9.3	9.1	8.8
			Both	22,658	27,312	9.8	9.4	9.3	9.2	9.1	9.0	8.8	8.6
Keowee St. at bridge, over Miami R.	4		NB			13.8	12.0	12.1	11.7	11.4	11.3	10.7	10.0
2 mi from Dayton			SB			13.1	11.8	11.5	11.3	11.1	11.0	10.5	9.8
			Both	13,921	19,072	11.6	10.1	9.9	9.7	9.5	9.4	8.7	8.2
Torrence Pkwy. bet. Madison &	4		NB			15.3	14.7	14.6	14.4	14.2	14.2	—	—
Columbia in Cincinnati			SB			15.1	14.5	14.4	14.2	14.1	14.0	—	—
			Both	11,117	13,568	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.6	11.4	11.1
West North Central													
Kansas													
Topeka Blvd. N of Hampton St.,	6		Both	22,597	28,912	9.9	9.5	9.3	9.2	9.0	9.0	8.7	—
Shawnee County, Topeka													
10th St. E of Plass, Topeka	4		Both	10,642	12,799	11.4	10.9	10.6	10.5	10.4	10.3	9.9	—
South Dakota													
S of 1st Ave. in Aberdeen	4	US 281	Both	9,237 ^b	13,777 ^c	11.9	11.1	10.5	10.2	—	—	—	—
Pierre St. RR viaduct, Pierre	4	US 83	Both	7,483 ^b	14,328	14.6	11.8	11.3	10.8	—	—	—	—
East South Central													
Alabama													
3.1 mi from Huntsville	4	US 231	Both	14,096	18,636 ^c	12.2	11.7	11.5	11.3	11.1	11.0	10.4	9.8
Mississippi													
N. State St. in Jackson	4	US 51	Both	23,512	32,628	11.9	10.6	10.4	10.1	9.9	9.8	9.3	8.9
0.05 mi E of US 49, Hattiesburg	4	US 98	EB			11.9	9.9	9.5	9.4	9.3	9.1	8.8	8.3
			WB			16.4	12.0	11.7	11.5	11.2	11.1	10.5	9.8
			Both	10,281	14,332 ^c	12.6	10.4	10.1	9.8	9.7	9.6	9.3	8.8
Tennessee													
Woodland St. Br. in Nashville	4	US 31	NB			15.7	13.8	13.6	13.5	13.4	13.3	12.8	12.1
			SB			14.1	13.3	13.1	13.0	12.9	12.8	12.2	9.9
			Both	24,402	32,187 ^c								
Arkansas-Tennessee River Br.,	4	US 61	NB			15.5	12.9	11.1	10.7	10.1	9.9	9.2	7.8
Memphis		US 63	SB			16.0	15.4	13.6	13.3	12.8	12.4	10.8	8.5
		US 64	Both	25,779	37,174 ^c								
West South Central													
Louisiana													
Gentilly Road, New Orleans	6	US 90	EB			10.8	10.2	10.0	9.8	9.8	9.7	9.3	8.6
			Both	40,120	47,202 ^c								
Scenic Hwy., Baton Rouge	4	US 61	EB			13.8	12.4	12.0	11.7	11.5	11.3	10.8	9.8
			WB			19.4	12.0	11.5	11.2	11.1	10.9	10.5	9.9
			Both			12.3	10.5	10.2	10.1	10.0	9.9	9.6	9.1
Baton Rouge Br., Baton Rouge	4	US 190	EB			15.0	13.4	12.9	12.5	12.2	12.0	—	—
			Both	20,169	29,826	14.1	10.8	10.2	10.0	9.7	9.6	—	—
Huey P. Long Br., New Orleans	4		EB			14.2	13.2	13.1	13.0	12.9	12.7	12.3	11.5
			WB			12.5	11.9	11.6	11.5	11.4	11.3	10.9	9.9
			Both	21,044	25,082	11.1	10.5	10.3	10.2	10.1	10.0	9.8	9.5
Oklahoma													
Classen Blvd. N of N. 32, Oklahoma	4		Both	25,332	—	11.0	10.5	10.4	10.3	10.2	10.1	9.8	—
City													
Robinson Ave., Oklahoma City	4	US 62	Both	15,877	—	12.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.5	9.8	—
North 23 St., Oklahoma City	4	US 62	Both	17,313	—	10.1	8.9	8.7	8.6	8.5	8.3	7.5	—
Pa. Ave., N of N. 56th St. in	4		Both	11,502	—	14.6	13.4	12.8	12.5	12.3	11.9	11.3	8.0
Oklahoma City													
Santa Fe Ave. N of N. 36th St. in	4		Both	5,284	—	22.1	17.0	16.4	16.1	15.3	14.9	12.7	—
Oklahoma City													
Mountain													
Arizona													
Central & Lewis Ave., Phoenix	6		Both	32,273 ^b	40,530	10.1	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5
Colorado													
1 mi from Commerce City	4	US 6-85	NB			18.0	16.7	15.4	14.7	14.1	13.7	12.5	11.6
			SB			17.6	14.7	13.0	12.8	12.5	12.4	12.0	10.7
			Both	26,825	39,744	12.4	11.1	10.4	10.2	10.0	9.9	9.4	8.8
Idaho													
State St., Boise	4	SH 44	Both	14,266	20,480	14.5	11.3	10.9	10.7	10.6	10.3	—	—
Americana Blvd., E end Boise R. Br.,	4		Both	13,810	19,929	14.3	13.0	12.1	11.9	11.6	11.5	—	—
Boise													
10th Ave., Caldwell	4	US 30	Both	6,387	9,881	10.4	9.6	9.4	9.2	9.1	9.0	—	—
Montana													
Montana Ave., Helena	4	US 91	NB			21.1	12.7	11.4	10.9	10.7	10.6	10.0	—
			SB			12.1	11.1	10.8	10.6	10.4	10.3	9.7	—
			Both	8,263	10,834	11.8	10.9	10.5	10.4	10.3	10.2	9.7	—
Nevada													
3 mi from Las Vegas	4	US 93	EB			12.8	11.3	10.8	10.7	10.4	10.2	9.6	8.9
			WB			14.0	11.0	10.6	10.0	9.7	9.5	9.0	8.5
			Both	16,318	22,093	11.1	10.1	9.9	9.7	9.4	9.3	8.9	8.3
Between Reno & Sparks	4	US 40	Both	17,384	24,270 ^c	9.7	9.1	8.8	8.7	8.6	8.6	8.3	8.0
New Mexico													
4.1 mi N of Albuquerque	4	US 85	Both	10,890	—	11.1	10.4	10.2	10.0	9.9	9.9	9.6	9.2
Utah													
2 mi from Salt Lake City	4	US 40	Both	16,536	26,450	16.3	12.3	12.0	11.7	11.5	11.3	—	—
Pacific													
Washington													
Garland Ave. in Spokane	4	PSH 3	NB			12.8	11.5	11.1	10.8	10.6	10.5	10.0	9.5
			SB			10.5	8.9	8.6	8.3	8.3	8.1	7.9	7.6
			Both	21,811	28,630 ^c	10.7	9.9	9.4	9.2	8.9	8.8	8.5	8.2
Alaska													
L St. bet. 13th & 15th Ave. in	4		Both	11,850 ^b	16,213	10.3	9.4	8.9	8.8	8.6	8.4	—	—
Anchorage													
5th Ave. bet. D & C Sts. in	4		Both	8,370 ^b	11,198	12.8	10.8	10.3	10.1	10.0	9.8	—	—
Anchorage													

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi joko lauantaina tai sunnuntaina.

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
WB = idästä lnteen
Both = molemmat suunnat
NB = etelästä pohjoiseen
SB = pohjoisesta etelään

TAULUKKO A.8 - LIIKENNEMÄÄRÄN VAIHTELUT KAKSIKAISTAISILLA KADUILLA

HAVAINTOPISTEEN SIJAINTI	TIEN NUMERO	LII- KENNE- SUUNTA	KOKO VRK:N LIIKENNEMÄÄRÄ		VUODEN ERI HUIPPUTUNTILIIKENTEIDEN PROSENTTIOSUUS KVL:STÄ							
			KVL ^a	HUIPPU- VRK	MAX.	10. HT	20. HT	30. HT	40. HT	50. HT	100. HT	200. HT
<i>New England</i>												
Connecticut												
2 mi from West Hartford	US 6	Both	16,000 ^b	26,228 ^b	13.5	10.2	9.9	9.7	9.6	9.5	9.2	8.6
Maine												
1.5 mi from Lewiston	RT 126	Both	10,274	14,715 ^b	11.2	10.4	10.1	10.0	9.8	9.8	—	—
0.7 mi from Hollowell	US 201	Both	9,696	12,129	11.1	10.5	10.0	9.9	9.7	9.7	—	—
0.1 mi from Sanford	Rt 4A-109	Both	8,055	11,064	12.5	10.5	10.3	10.1	9.9	9.8	—	—
New Hampshire												
1.5 mi from Concord	NH 13	Both	3,094	—	22.6	13.8	12.9	12.7	12.4	12.2	11.5	—
Rhode Island												
0.5 mi from Bristol	RI 114	Both	11,517	14,808 ^b	10.6	9.7	9.2	9.0	8.8	8.6	—	—
Vermont												
Barre	US 302	Both	13,427	18,415	11.1	9.5	9.1	8.9	8.6	8.6	8.1	—
1 mi from Rutland	US 4	Both	9,393	13,673	12.3	11.2	10.9	10.7	10.6	10.3	10.0	—
St. Johnsbury	US 2	Both	7,013	11,712 ^b	12.2	11.4	11.0	10.6	10.3	10.2	9.7	—
<i>Middle Atlantic</i>												
New Jersey												
0.5 mi from Plainfield, E. 7th St.		Both	9,259 ^b	—	10.7	10.6	10.4	10.2	10.1	10.0	9.7	9.5
S. Grove St., East Orange		Both	6,606 ^b	—	11.1	10.6	10.4	10.1	9.8	9.7	9.6	9.3
New York												
Watertown	US 11	Both	10,200 ^b	—	11.8	9.5	9.1	8.9	8.7	8.6	8.2	7.8
Hornell	RT 36	Both	10,200 ^b	—	9.8	9.0	8.8	8.7	8.6	8.6	8.3	8.0
<i>South Atlantic</i>												
Maryland												
0.1 mi from Riviera Beach	MD 173	Both	10,273	—	12.1	11.5	11.1	10.9	—	10.6	—	—
0.7 mi from Cockeysville	MD 45	Both	8,607	—	12.2	11.5	11.4	11.2	—	11.1	—	—
North Carolina												
1 mi from Wilmington, on NE Cape Fear R. Br.		Both	12,850	20,085	15.7	12.2	11.5	11.2	11.1	11.0	10.3	—
0.6 mi NW of New Bern city limit	US 70	Both	7,970	11,328 ^b	11.4	10.6	10.2	9.9	9.8	9.7	9.1	—
South Carolina												
Cooper R. Br., Charleston	US 17	Both	13,258	17,696 ^b	11.0	10.0	9.8	9.7	9.6	9.5	9.2	8.7
<i>West North Central</i>												
Iowa												
E leg 17th St. & Mt. Vernon in Cedar Rapids	US 34	Both	11,215	14,331	11.2	10.5	10.3	10.1	10.0	9.9	—	—
E leg Harrison & E. Washington, Mt. Pleasant		Both	7,169	12,280	13.0	12.0	10.7	10.2	9.8	9.7	—	—
N leg 338 St. & Lake in Storm Lake		Both	4,328	5,390	11.9	10.7	10.1	9.8	9.7	9.6	—	—
W leg 11th St. & Main in Adel		Both	1,180	1,657	15.8	12.6	11.6	11.3	11.1	11.0	—	—
Kansas												
Curtis St. E of Topeka Blvd. in Topeka		Both	863	1,544	15.9	14.0	13.3	13.1	12.9	12.6	12.1	—
High St. S of 13th St., Topeka		Both	533	689 ^b	15.2	13.7	13.1	12.6	12.2	12.0	11.3	—
North Dakota												
0.5 mi from Minot		Both	3,750	5,600	13.1	12.3	11.6	11.3	11.1	11.0	—	—
<i>East South Central</i>												
Alabama												
8.0 mi from Birmingham	US 11	Both	19,880 ^b	24,582	9.5	9.2	9.0	8.9	8.9	8.8	8.6	8.1
Kentucky												
Midland Ave., in Lexington	US 60	Both	10,220	—	10.2	9.1	8.9	8.8	8.7	8.7	—	—
Tennessee												
Western Ave., between Webster & Leslie in Knoxville	SR 62	Both	12,333	15,083	9.4	9.1	8.9	8.8	8.6	8.6	8.3	8.0
<i>West South Central</i>												
Arkansas												
2 mi from Little Rock	US 70	Both	17,600	19,200 ^b	10.7	9.6	8.8	8.4	8.3	8.2	—	—
W 7th St. between Broadway & Spring in Little Rock		Both	8,650	10,150	10.8	9.9	9.6	9.4	9.2	9.1	8.7	8.3
Oklahoma												
10th St. N of Pine in Enid		Both	5,638	—	15.8	14.0	13.0	12.1	11.5	11.3	10.7	9.6
Strothers St. between University & Jefferson Sts., Seminole		Both	5,601	—	15.8	12.6	11.7	11.4	11.1	10.9	10.3	9.3
D St. between 13th & 14th Sts. in Lawton		Both	5,654	—	11.8	10.7	10.5	10.3	10.2	10.1	9.8	8.6
800 W. Fondulac St., Muskogee		Both	3,583	—	14.5	11.8	11.4	11.3	11.1	11.0	10.4	9.0
11th St. bet. Delaware & Wyandotte in McAlester		Both	2,474	—	13.2	12.0	11.6	11.3	11.2	11.0	10.5	9.7
Cedar St. bet. 9th & 10th in Perry		Both	1,179	—	24.6	15.0	12.6	12.0	11.5	11.3	10.4	8.5
Kentucky Ave. N of No. 32nd St. in Oklahoma		Both	328	—	33.8	21.0	18.9	17.7	17.4	16.2	14.3	11.0
<i>Mountain</i>												
Idaho												
11th Ave. in Nampa	US 30	Both	9,282	12,551 ^b	13.4	10.1	9.8	9.6	9.4	9.2	—	—
Latah St. bet. Morris Hill Rd. & Tulare Dr. in Boise		Both	6,498	8,913	14.4	11.5	10.7	10.6	10.5	10.4	—	—
Montana												
1 mi from Billings		Both	14,712	21,143 ^b	14.1	12.4	11.9	11.5	11.2	11.0	10.6	—
Nevada												
Kietzke Lane bet. Reno-Sparks city limit	FHS 727	Both	13,303	17,234	12.0	11.2	10.5	10.4	9.8	9.7	9.0	8.0
250 ft W of Sutro St., Reno		Both	10,093	13,433	12.8	11.8	11.5	11.4	11.3	11.2	10.8	10.3
150 ft W of FAS 704, Sparks		Both	4,886	7,761	12.4	11.8	11.7	11.4	11.0	10.9	10.4	9.8
Utah												
9th E. and 4600 S., 2 mi from Murray	US 91	Both	14,950	19,766	13.2	12.4	12.2	11.8	11.6	11.4	—	—
1.3 mi from Cedar City		Both	3,859	7,512	15.9	10.9	10.5	10.2	10.0	9.7	—	—
Wyoming												
Riner Viaduct, Cheyenne	US 85 & US 87	Both	12,657	18,446 ^b	11.0	10.4	9.9	9.7	9.5	9.3	—	—
Center St. underpass in Casper	US 30	Both	9,292	11,861	10.9	10.3	10.0	9.8	9.7	9.6	—	—
Laramie		Both	8,069	14,137 ^b	12.3	11.4	10.6	10.1	10.0	9.8	—	—
Goose Creek Bridge, Sheridan		Both	5,456	8,739	14.5	11.1	10.8	10.6	10.4	10.2	—	—
<i>Pacific</i>												
Oregon												
1 mi from Salem		Both	9,258	11,814	11.3	10.7	10.4	10.3	10.2	10.2	9.9	—
Washington												
4.0 mi S of Seattle	SSH 1K	Both	11,185 ^b	13,885	9.3	9.1	9.0	9.0	8.9	8.9	8.6	8.3
29th Ave. & Grand Blvd., W leg, in Spokane		Both	4,295	6,024	13.9	11.9	11.3	10.8	10.7	10.6	10.1	9.6
Alaska												
C St. at Ship Creek in Anchorage		Both	9,540 ^b	13,698	15.8	12.8	11.8	11.3	11.1	10.9	—	—
FAP 37 bet Ill. St. & FAP 61 in Fairbanks		Both	3,380	6,185 ^b	17.7	14.4	13.5	12.8	12.1	11.9	10.9	10.0

^aVuonna 1962 ellei toisin ole ilmoitettu^bVuonna 1961.^cKorkein vuorokausiliikenne esiintyi joko lauantaina tai sunnuntaina.

Sarakeessa "LIIKENNESUUNTA" käytetyt lyhenteet:

EB = lännestä itään
 WB = idästä länteen
 Both = molemmat suunnat
 NB = etelästä pohjoiseen
 SB = pohjoisesta etelään

LIITE B

**BUREAU OF PUBLIC ROADS' IN V. 1963 TEKEMÄN SEKOITTUMISALUEIDEN
VÄLITYSKYKYTUTKIMUKSEN HAVAINNOTULOKSIA**

TAULUKKO B.1 - ESIMERKKIHAVAINTOJA BPR:n¹ SUORITTAMISTA SEKOITTUMISALUEIDEN VÄLITYSKYKYTUTKIMUKSESTA V. 1963

HAVAINTOKOHTEN TYYPI JA SIJAINTI	HAVAIN- TOKOH- TEEN GEOMET- RIA ^a	SEKOITTUVA LIIKENNEMÄÄRÄ (ajon./h)			KOKONAISLII- KENNEMÄÄRÄ (ajon./h)			NOPEUS (km/h)			HAVAINTOAIKA a.m=aamupäivä p.m=iltapäivä			V ₁ (ajon./h)			V ₂ (ajon./h)			V ₁ + 3V ₂ (ajon./h)			V ₀₁ (ajon./h)			V ₀₂ (ajon./h)			AJOKAISTOJEN LUKUMÄÄRÄKAA- VIO (LIIKEN- NEVIRRRAN SUUN- TA)		
		6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1			
		MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR			
Rombinen liittymä, lisäkaista Eastshore Freeway, liikenne pohjoiseen San Pablon erkanema, Richmond, Calif.	2 ² -7 ⁰ 280 14.6	1812	1545	1287	5616	5355	5040	53	52	61	5:10- 5:16 p.m.	5:05- 5:23 p.m.	4:25- 5:25 p.m.			714			380		1854			96			3892	3 1	4 2	3 1	
Neliapilaliittymä, Eastshore Freeway liikenne etelään, ja University Avenue Berkley, Calif.	18 ² -33 ⁰ 130 7.3	1440	1364	1271	1460	1370	1276	55			5:00- 5:06 p.m.	4:30- 4:48 p.m.	4:24- 5:24 p.m.	760	797	734	680	567	537	2800	2498	2345	0	3	1	20	3	4	1 1	2 2	1 1
Neliapilaliittymä, Eastshore Freeway liikenne etelään, ja University Avenue Berkley, Calif.	18 ² -33 ⁰ 130 7.3	1780	1654	1550	1780	1657	1561	52	50	52	7:30- 7:36 a.m.	7:24- 7:42 a.m.	7:24- 8:24 a.m.	1090	1087	928	690	567	622	3160	2788	2794	0	0	5	0	3	6	1 1	2 2	1 1
Neliapilaliittymä, Bayshore Freeway Whipple Avenuen kohdalla, Redwood City, Calif.	17 ² -29 ⁰ 136 14.6	1960	1907	1666	5510	5443	5038	50	50	56	7:30- 7:36 a.m.	7:18- 7:36 a.m.	7:00- 8:00 a.m.	980	1020	888	980	887	778	3920	3681	3222	0	0	0	3550	3536	3372	3 1	4 2	3 1
Neliapilaliittymä, Bayshore Freeway Whipple Avenuen kohdalla, Redwood City, Calif.	17 ² -29 ⁰ 136 14.6	2280	2123	1775	5910	5503	4932	47	61	64	7:18- 7:24 a.m.	7:18- 7:36 a.m.	7:00- 8:00 a.m.	1370	1246	1003	910	877	772	4100	3877	3319	0	0	0	3630	3380	3157	3 1	4 2	3 1
Neliapilaliittymä, Bayshore Freeway, liikenne pohjoiseen San Bruno Avenuen kohdalla, San Bruno, Calif.	23 ² -42 ⁰ 157 18.9	1490	1563	1527	6570	6370	6095	66	60	53	6:54- 7:00 a.m.	6:48- 7:06 a.m.	6:42- 7:42 a.m.	930	1033	811	560	530	716	2610	2623	2959	0	0	0	5080	4807	4568	4 1	5 2	4 1
Neliapilan silmukat yhdistävä rinnak- kaistie, 19. Avenue ja Bayshore Fwy., liikenne pohjoiseen, San Mateo, Calif.	19 ² -31 ⁰ 154 7.3	1400	1317	1048	1400	1317	1048	52	52	53	7:36- 7:42 a.m.	7:36- 7:54 a.m.	7:12- 8:12 a.m.	820	750	501	580	561	461	2560	2451	1970	—	—	—	—	—	—	1 1	2 2	1 1
Rombinen liittymä, lisäkaista, Hollywood Fwy., liikenne länteen, Vermont liittymä ja Melrosé erkanema, Los Angeles, Calif.	1 ² -13 ⁰ 322 18.9	1750	1733	1510	6980	6963	6623	44	47	52	4:30- 4:36 p.m.	4:24- 4:42 p.m.	3:42- 4:42 p.m.	1210	1120	956	540	613	554	2830	2959	2618	—	—	—	—	—	—	4 1	5 2	4 1
Neliapilaliittymä, liikenne etelään, Edens Expressway, ja Dempster St., sil- mukka, Skokie, Ill.	33 ² -23 ⁰ 216 15.9	1400	1240	1119	5700	5341	5010	63	68	71	8:06- 8:12 a.m.	8:06- 8:24 a.m.	7:36- 8:36 a.m.	740	647	626	660	593	493	2720	2426	2105	0	0	0	4300	4101	3891	3 1	4 2	3 1
Neliapilan silmukka, Edens Expressway Touhy Ave., liik. etelään, Skokie, Ill.	31 ² -22 ⁰ 222 15.9	1270	1110	950	4510	4029	3439	77	80	82	4:30- 4:36 p.m.	4:18- 4:36 p.m.	3:36- 4:36 p.m.	960	780	640	310	330	310	1890	1770	1570	10	3	6	3230	2916	2483	3 1	4 2	3 1
California liittymän ja Western erkanen- man välinen rinnakkaistie, Eisenhower Expy., liik. itään, Chicago, Ill.	8 ² -10 ⁰ 265 7.9	1520	1447	1151	1520	1447	1190	64	61	60	7:06- 7:12 a.m.	7:06- 7:24 a.m.	7:06- 8:06 a.m.	900	850	737	620	597	414	2760	2641	2211	0	0	0	0	0	39	1 1	2 2	1 1
Neliapilasilmukat, Edens Expy., liik. etelään ja Paterson Ave., Chicago, Ill.	22 ² -27 ⁰ 191 15.9	570	503	585	5350	5126	4808	55	52	55	4:36- 4:42 p.m.	4:30- 4:48 p.m.	4:24- 5:24 p.m.	320	280	311	250	223	274	1070	949	1133	4780	4623	4223	0	0	0	3 1	4 2	3 1
Liittymis- ja erkanemisrampin väli, Dan Ryan Expy., etelään, rampit Eisenhower Expy, itään ja Taylor St., länteen, Chicago, Ill.	2 ² -7 ⁰ 201 19.5	2980	2760	2492	6920	6634	5976	55	56	55	3:48- 3:54 p.m.	3:36- 3:54 p.m.	3:12- 4:12 p.m.	2610	2467	2168	370	293	324	3720	3346	3140	20	91	78	3920	3783	3406	4 2	5 2	4 1

¹Bureau of Public Roads.

Liittymis- ja erkanemisrampin väli,
sama kohta kuin edellä

2²-7⁰
201
19.5

2460 2474 2400 5800 5500 5401

69 63 60

7:06- 7:00- 7:00-
7:12 7:18 8:00
a.m. a.m. a.m.

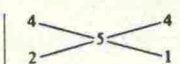
2040 1950 1891

420 524 509

3300 3522 3418

90 83 100

3250 2943 2911



Rinnakkaistie, Eisenhower Expy.,
Western Avenue ja California Ave.,
Chicago, I11.

8²-8⁰
257
7.9

1400 1320 1234 1430 1326 1240

61 61 64

4:12- 3:18- 3:18-
4:18 3:36 4:18
p.m. p.m. p.m.

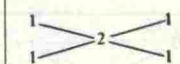
980 860 860

420 460 374

2240 2240 1982

20 3 4

10 3 2



Lisäkaista, Eisenhower Expressway,
Racine Avenue ja Ashland Boulevard,
Chicago, I11.

6²-9⁰
315
22.0

1570 1386 1355 6800 6807 6458

72 76 76

4:24- 4:12- 3:54-
4:30 4:30 4:54
p.m. p.m. p.m.

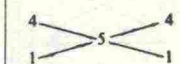
1150 1003 956

420 383 399

2410 2152 2153

20 27 20

5210 5394 5083



Lisäkaista, Dan Ryan Expressway
etelään, 51. Street ja Garfield
Street, Chicago, I11.

1²-5⁰
272
11.6

1760 1620 1434 3480 3420 3237

58 60 60

4:36- 4:36- 4:18-
4:42 4:54 5:18
p.m. p.m. p.m.

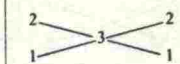
960 900 814

800 720 620

3360 3060 2674

1720 1800 1800

0 0 3



Rinnakkaistie, Dan Ryan Expressway,
55. ja 51. kadun väli, liikenne
pohjoiseen, Chicago, I11.

5²-6⁰
271
11.6

1210 1214 1136 3400 3314 3134

58 60 63

7:12- 7:00- 7:00-
7:18 7:18 8:00
a.m. a.m. a.m.

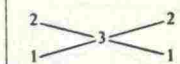
610 540 531

600 674 605

2410 2294 2198

2190 2100 1994

0 0 4



Paikallisliikenteen kaistat, Dan Ryan
Expressway, etelään, Pershing Streetin
ja 43. kadun väli, Chicago, I11.

1²-7⁰
251
15.3

1320 1284 1111 5510 5190 4681

64 60 56

4:36- 4:30- 4:00-
4:42 4:48 5:00
p.m. p.m. p.m.

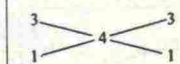
890 817 848

370 423 408

2000 2086 2072

6580 6364 6122

0 3 5



Paikallisliikenteen kaistat, Dan Ryan
Expressway, etelään, 71. ja 75. kadun
väli, Chicago, I11.

9²-14⁰
159
18.9

1260 1240 1256 7840 7607 7383

56 56 52

4:36- 4:24- 4:24-
4:42 4:42 5:24
p.m. p.m. p.m.

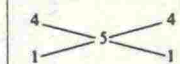
890 817 848

370 423 408

2000 2086 2072

6580 6364 6122

0 3 5



Paikallisliikenteen kaistat, Dan Ryan
Expressway, pohjoiseen, 63. ja 59. kadun
väli, Chicago, I11.

4²-5⁰
189
15.3

1460 1129 1111 4760 4217 3847

60 60 64

7:42- 7:30- 7:00-
7:48 7:48 8:00
a.m. a.m. a.m.

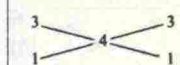
990 823 836

470 306 275

2400 1741 1661

0 7 4

3300 3081 2732



Neliapila, South Conduit, itään, ja
Van Wyck Expressway'n silmukat,
Long Island, New York, N.Y.

28²-48⁰
173
12.8

2710 2974 2890 5370 5130 4908

23^b 27^b 29^b
26^c 32^c 34^c
27^d 37^d 40^d

5:00- 4:30- 4:06-
5:06 4:48 5:06
p.m. p.m. p.m.

1700 1807 1831

1010 1167 1059

4730 5308 5008

0 0 3

2660 2157 2015



— — 2856 — — 4868

— — 40^b
— — 45^c
— — 50^d

— — 4:30-
— — 5:30
— — p.m.

— — 1987

— — 869

— — 4594

— — 1

— — 2031



2490 2540 2365 3860 3817 3418

42^b 43^b 45^b
47^c 48^c 48^c
52^d 55^d 55^d

7:30- 7:24- 6:54-
7:36 7:42 7:54
a.m. a.m. a.m.

1470 1510 1253

1020 1030 1112

4530 4600 4589

0 0 4

1370 1277 1049



Rinnakkaistie, yksinkert. sekoittuminen,
Van Wyck Expy., etelään, North Conduit
ja Southern State Parkway erkanemat,
Long Island, New York, N.Y.

24²-21⁰
191
6.1

2230 2044 1847 2910 2674 2364

50^b 50^b 53^b
52^c 52^c 53^c
55^d 53^d 53^d

5:12- 5:00- 4:30-
5:18 5:18 5:30
p.m. p.m. p.m.

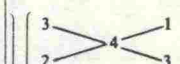
1250 1100 927

980 944 920

4190 3932 3687

350 323 233

330 307 284



3040 2947 2637 3570 3451 3123

47^b 47^b 50^b
47^c 47^c 50^c
47^d 47^d 50^d

7:30- 7:18- 6:54-
7:36 7:36 7:54
a.m. a.m. a.m.

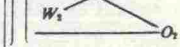
2460 2283 2032

580 664 605

4200 4275 3847

140 133 108

390 371 378



HAVAINTOKOHTEEN TYYPI JA SIJAINTI	HAVAIN- TOKOH- TEEN GEOMET- RIA ^a	SEKOITTUVA LIIKENNEMÄÄRÄ (ajon./h)			KOKONAISLI- KENNEMÄÄRÄ (ajon./h)			NOPEUS (km/h)			HAVAINTOAIKA a.m.=aamupäivä p.m.=iltapäivä			V ₁ (ajon./h)			V ₂ (ajon./h)			V ₁ + 3V ₂ (ajon./h)			V ₀₁ (ajon./h)			V ₀₂ (ajon./h)			AJOKAISTOJEN LUKUMÄÄRÄKAA- VIO (LIIKEN- NEVIRRRAN SUUN- TA)
		6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	6	18	1	
		MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	MIN	MIN	HR	
Voimakas sekoittuminen, suora ramppi Van Wyck Expy.:ltä Southern State Parkwaylle, Long Island, New York, N.Y.	17°-12° 299 12.2	3400	3319	3403	4800	4524	4467	47 ^b 48 ^c 52 ^d	47 ^b 47 ^c 47 ^d	40 ^b 40 ^c 40 ^d	4:06- 4:12 p.m.	4:00- 4:18 p.m.	4:12- 5:12 p.m.	2936	2787	2953	464	532	450	4328	4383	4303	866	798	640	534	407	424	
		3550	3610	3436	5550	4920	4574	50 ^b 47 ^c 45 ^d	50 ^b 48 ^c 45 ^d	47 ^b 47 ^c 47 ^d	5:06- 5:12 p.m.	4:54- 5:12 p.m.	4:18- 5:18 p.m.	2900	3123	3012	650	487	424	4850	4584	4284	990	733	665	910	577	473	
Neliapila Northern State Parkwaylla, itään Guinea Woods Rd. liittymän ja Meadowbrook State Parkway erkaneman väli, Long Island, New York, N.Y.	31°-19° 172 15.3	2043	1906	2109	5080	4590	5039	50 ^b 50 ^c 50 ^d	52 ^b 56 ^c 59 ^d	39 ^b 39 ^c 37 ^d	5:24- 5:30 p.m.	5:30- 5:48 p.m.	4:30- 5:30 p.m.	1688	1590	1691	355	316	418	2753	2538	2945	2645	2438	2566	392	246	364	
		2380	2330	2235	5480	5354	5048	35 ^b 31 ^c 25 ^d	35 ^b 32 ^c 34 ^d	29 ^b 27 ^c 36 ^d	5:36- 5:42 p.m.	5:30- 5:48 p.m.	4:54- 5:54 p.m.	204	2033	1862	340	297	373	3060	2924	2981	2720	2707	2430	380	317	383	
		1920	1796	1691	4210	3837	3591	59 ^b 63 ^c 64 ^d	61 ^b 63 ^c 64 ^d	59 ^b 63 ^c 64 ^d	7:36- 7:42 a.m.	7:30- 7:48 a.m.	7:24- 8:24 a.m.	1480	1369	1354	440	427	337	2800	2650	2365	1910	1757	1489	380	284	411	
Voimakas sekoittuminen, Van Wyck Expy., Main Street ja Queens Blvd. liittymät ja Hillside Ave. Erkanema, Long Island, New York, N.Y.	6°-15° 152 16.5	—	2503	2451	—	4747	4622	— — —	45 ^b 50 ^c 55 ^d	45 ^b 52 ^c 56 ^d	— — —	3:30- 3:48 p.m.	3:24- 4:24 p.m.	—	2186	2180	—	317	271	—	3137	2993	—	30	23	—	2179	2148	
Voimakas sekoittuminen, Southern State Pky., Bayshore Roadilta ramppi Sagtigos Pky.:lle ja Heckscher St. Pky.:lle Long Island, New York. N.Y.	5°-8° 483 15.3	2090	1953	1828	3010	2786	2556	74 ^b 72 ^c 71 ^d	77 ^b 76 ^c 74 ^d	76 ^b 76 ^c 76 ^d	4:48- 4:54 p.m.	4:48- 5:06 p.m.	4:30- 5:30 p.m.	1990	1740	1650	100	213	178	2290	2379	2184	300	300	197	620	533	531	

¹Bureau of Public Roads.

^aLiittymiskulma/erkanemiskulma, sekoittumismatka (m),
sekoittumisalueen leveys (m).

^bSekoittumisnopeus.

^cKeskimääräinen nopeus.

^dSekoittumattoman liikenteen nopeus.

LIITE C

KUVISSA 8.2-8.19 ESITETTYJEN YHTÄLÖIDEN TILASTOMATERIAALI

Tämän liitteen taulukoissa C.1 ... C.4 on esitetty yhteenveto kuviin 8.2 ... 8.19 liittyvien yhtälöiden tilastollisesta materiaalista.

Taulukoista nähdään yhtälöiden kunkin muuttujan keskiarvo ja keskihajonta. Esitetyt arvot perustuvat kaavoja muodostettaessa käytetyn monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin antamiin tuloksiin. Seuraavaksi on esitetty kunkin muuttujan "käyttöalue", ts. ne puitteet, joissa ko. muuttujan tulisi pysyä, jotta yhtälön antamat tulokset olisivat luotettavia. Jos yhtälöön kuulumattoman muuttujan käyttöalue on osoitettu, tulisi tarkasteltavan tilanteen vastata myös tätä aluetta, koska yhtälö saattaa olla toisenlainen, jos olosuhteet eivät vastaa tätä käyttöaluetta. Saattaa kuitenkin olla olosuhteita, joissa muuttujien arvot on ekstrapoloitava käyttöalueen ulkopuolelle. Edelleen on taulukoissa esitetty tilastollisena taustatietona regressiokertoimet, niiden keskiarheet sekä kunkin selittävän muuttujan selittävyyden määrä ja merkitsevyysaste.

Taulukoiden viimeisissä sarakkeissa on esitetty muita yhtälöihin liittyviä tilastollisia lisätietoja. Ensimmäisenä näistä on R^2 -tekijä, joka osoittaa kunkin yhtälön selittävyysasteen. Jos R^2 on esimerkiksi 0.90, se osoittaa, että yhtälö selittää 90 % määritettävän muuttujan vaihtelusta. Jotkin yhtälöihin sisältyvät muuttujat saattavat selittää osan yhtälöiden selittävyyden ulkopuolelle jäävästä vaihtelusta. Tällaisia, yleensä hyvin vaikeasti mitattavia suureita ovat esimerkiksi matkojen pituus, viitoituksen tehokkuus sekä ajotapa tutkittavasta rampista verraten kaukana ylä- ja alavirtaan.

Lopuksi taulukoissa on esitetty selitettävän muuttujan keskivirhe ja yhtälön laatimisperusteina olleiden havaintokohteiden ja varsinaisten havaintojen lukumäärät. Jos liikenne havaintoajankohtana oli tungostunutta tai "nykivää", ei havaintoja käytetty yhtälöitä laadittaessa.

KUVA n:o ^a	HAVAINTOKOHTTEEN OLOSUhteET, YHTÄLÖ JA SEN MUUTTUJAT ^b	REGRESSIOYHTÄLÖIDEN TILASTOLLISET SUUREET											
		KESKI- ARVO	KESKI- HAJONTA	KÄYTTÖ- ALUE	REGRESSIOKER- TOIMET		SELIT- TÄVYYS	MER- KITSE- VYYS- ASTE	R ²	V ₁ :n KESKI- VIRHE	HAVAIN- TOPI- TEIDEN MÄÄRÄ	HAVAIN- TOJEN MÄÄRÄ	
					KERROIN	KESKI- VIRHE							
8.9	Tav. liitt.ramppi, jonka molemmiin puolin on erkanemisrampit $V_1 = -121 + 0.244 V_f - 0.085 V_u + 195 V_d/D_d$ V_1 = ensimmäisen ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V_f = moottoritien liikennemäärä(ajon./h) V_r = liitt.rampin liik.määrä (ajon./h) D_u = etäisyys ylävirtaan olevaan erkanemisramppiin (m) V_u = ylävirtaan olevan erkanemisrampin liikennemäärä (ajon./h) D_d = etäisyys alavirtaan olevaan erkanemisramppiin (m) V_d = alavirtaan olevan erkanemisrampin liikennemäärä (ajon./h) V_d/D_d 8.10 Erkanemisrampista ylävirtaan oleva tieosa $V_1 = 94 + 0.231 V_f + 0.473 V_r + 66 V_u/D_u$ V_1 = ensimm. ajokaist. liik.määrä (ajon./h) V_f = moottoritien liikennemäärä (ajon./h) V_r = erkanemisrampin liik.määrä (ajon./h) D_u = etäisyys ylävirtaan olevaan liittymisramppiin V_u = ylävirtaan olevan liitt.rampin liikennemäärä (ajon./h) V_u/D_u 8.11 Neliapilan silmukkaramppi, lisäkaista $V_1 = -87 + 0.225 V_f - 0.140 V_r + 0.500 V_d$ V_1 = ensimm. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V_f = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V_r = liitt.rampin liik.määrä (ajon./h)												
		1041	312							0.80			
		4327	943	2400-6200	+0.244	0.008	0.72	0.01			140	12	325
		594	349	100-1700									
		1459	558	900-2600									
		465	251	50-1100	-0.085	0.035	0.02	0.01					
		2482	1404	900-5700									
		449	260	50-1300									
				- ^c	+ 640	50	0.34	0.01					
										0.84		11	277
		1475	319								130		
		4590	1366	1100-6200	+0.231	0.007	0.79	0.01					
		556	365	20-1800	+0.473	0.030	0.47	0.01					
		2441	1716	900-5700									
		465	287	50-1200									
				- ^d	+ 215	60	0.05	0.01					
										0.64		7	136
		878	293								178		
		3792	790	2000-5600	+0.225	0.019	0.51	0.01					
		810	383	200-1500	-0.140	0.040	0.08	0.01					

	D_d = etäisyys alavirtaan olevaan erkane- misramppiin (m)			400-850								
	V_d = alavirtaan olevan erkanemisrampin liik- nemäärä (ajon./h)	447	282	150-1500	+0.500	0.054	0.39	0.01				
8.12	Rombinen liittymä (ja vastaavat), lisäkaista								0.86		6	155
	$V_1 = 53 + 0.283 V_f - 1.319 D_d + 0.547 V_d$									159		
	V_1 = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h)	1164	419									
	V_f = moott.tien liik.määrä (ajon./h)	4139	1179	1900-5600	+0.283	0.013	0.76	0.01				
	D_d = et. alavirtaan olevaan erk.ramppiin (m)	627	222	300-1400	-0.402	0.079	0.15	0.01				
	V_d = alavirtaan olevan erk.rampin liikenne- määrä (ajon./h)	354	221	50-1000	+0.547	0.090	0.20	0.01				
8.13	Jälkimm. kahdesta peräkkäisestä liitt.rampista											
	$V_1 = 574 + 0.228 V_f - 0.194 V_r - 2.342 D_u$ + 0.274 V_u								0.91		5	104
	V_1 = ensimmäisen ajokaistan liik.määrä (ajon./h)	686	453							142		
	V_f = moottoritien liik.määrä (ajon./h)	3273	1005	1800-5400	+0.228	0.017	0.64	0.01				
	V_r = liittymisrampin liik.määrä (ajon./h)	480	422	100-1500	-0.194	0.036	0.22	0.01				
	D_u = etäisyys ylävirtaan olevaan liittymis- ramppiin (m)	891	261	500-1100	-0.714	0.075	0.48	0.01				
	V_u = ylävirtaan olevan liittymisrampin lii- kennemäärä (ajon./h)	348	222	100-1400	+0.274	0.089	0.09	0.01				

^aVastaa luvussa 8 esitettyjä nomogrammeja, joissa on esitetty kohteen kaaviokuva, yhtälö, sen käyttöolosuhteet, rajoittavat tekijät sekä yhtälön ja nomogrammin käyttötapa.

^bKaikki muuttujat riippumattomia lukuunottamatta V_1 :tä.

^cKts. V_d ja D_d

^dKts. V_u ja D_u

KUVA n:o ^a	HAVAINTOKOHTEEN OLOSUHTEET, YHTÄLÖ JA SEN MUUTTUJAT ^b	REGRESSIOYHTÄLÖIDEN TILASTOLLISET SUUREET										
		KESKI- ARVO	KESKI- HAJONTA	KÄYTTÖ- ALUE	REGRESSIOKER- TOIMET		SELIT- TÄVYYS	MER- KITSE- VYYS- ASTE	R ²	V ₁ :n KESKI- VIRHE	HAVAIN- TOPIS- TEIDEN MÄÄRÄ	HAVAIN- TOJEN MÄÄRÄ
					KERROIN	KESKI- VIRHE						
8.14	Tavallinen liittymisramppi V ₁ = -312 + 0.201 V _f + 0.127 V _r V ₁ = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V _f = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V _r = liittymisrampin liik.määrä (ajon./h)	974	270	3000-7700	+0.201	0.014	0.66	0.01	0.68	156	5	104
8.15	Liitt.ramppi, josta alavirtaan erk.ramppi V ₁ = -353 + 0.199 V _f - 0.057 V _r + 0.486 V _d V ₁ = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V _f = moottoritien liikennemäärä (ajon./h) V _r = liittymisrampin liikennemäärä (ajon./h) D _d = etäisyys alavirtaan olevaan erkanemis- ramppiin (m) V _d = alavirtaan olevan erkanemisrampin lii- kennemäärä (ajon./h)	851	292	3000-7100	+0.199	0.016	0.79	0.01	0.88	107	2	48
8.16	Liittymisramppi, lisäkaista V ₁ = 584 + 0.180 V _f - 0.203 V _r - 1.597 D _d + 0.204 V _d V ₁ = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V _f = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V _r = liittymisrampin liik.määrä (ajon./h) D _d = etäisyys alavirtaan olevaan erk.ramp- piin (m) V _d = alavirtaan olevan erk.rampin liikenne- määrä (ajon./h)	368	160	100-800	+0.486	0.116	0.28	0.01	0.86	107	5	72

^aVastaa luvussa 8 esitettyjä nomogrammeja, joissa on esitetty kohteen kaaviokuva, yhtälö, sen käyttöolosuhteet, rajoittavat tekijät sekä yhtälön ja nomogrammin käyttötapa.

^bKaikki muuttujat riippumattomia lukuunottamatta V₁:tä.

KUVA n:o ^a	HAVAINTOKOHTIEN OLOSUhteet, YHTÄLÖ JA SEN MUUTTUJAT ^b	KESKI- ARVO	KESKI- HAJONTA	KÄYTTÖ- ALUE	REGRESSIOKOKER- TOIMET		SELIT- TÄVYYS	MER- KITSE- VYYS- ASTE	R ²	V ₁ :n KESKI- VIRHE	HAVAIN- TOPI- TEIDEN MÄÄRÄ	HAVAIN- TOJEN MÄÄRÄ
					KERROIN	KESKI- VIRHE						
8.17	Kaksikaist. liitt.ramppi, kiihdytyskaista a) Ensimmäisen ajokaistan liik.määrä $V_1 = 54 + 0.070 V_f + 0.049 V_r$ V_1 = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V_f = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V_r = liitt.rampin liik.määrä (ajon./h) b) Ensimmäisen ajokaistan ja rampin ajokaistan A kokonaisliikennemäärä $V_{1+A} = -205 + 0.287 V_f + 0.575 V_r$ V_{1+A} = ensimmä. ajokaistan ja rampin ajokaistan A kok.liik.määrä (ajon./h) V_f = moottoritien liikennemäärä (ajon./h) V_r = liitt.rampin liikennemäärä (ajon./h)	270 1625 2091	112 611 453	600-3000 1100-3000	+0.070 +0.049	0.016 0.021	0.15 0.04	0.01 0.02	0.23	99	2	115
8.18	Kaksikaistainen erk.ramppi, hidastuskaista a) Ensimmäisen ajokaistan ja rampin ajokaistan A kokonaisliikennemäärä $V_{1+A} = -158 + 0.035 V_t + 0.567 V_r$ V_{1+A} = ensimmä. kaistan ja rampin kaistan A kok.liik.määrä (ajon./h) V_t = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V_r = erkanemisrampin liikennemäärä (ajon./h) b) Ensimmäisen ajokaistan liikennemäärä $V_1 = 18 + 0.060 V_t + 0.072 V_r$ V_1 = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V_t = moottoritien liikennemäärä (ajon./h) V_r = erk.rampin liikennemäärä (ajon./h)	1093 3639 1983	315 814 433	2100-6000 1100-3000	+0.035 +0.567	0.026 0.049	0.02 0.59	0.20 0.01	0.68	181	1	94
8.19	Haarautuma a) Ensimmäisen ajokaistan ja ajokaistan A kokonaisliikennemäärä $V_c = 64 + 0.285 V_t + 0.141 V_r$ V_c = ensimmä. kaistan ja kaistan A kokonaisliikennemäärä (ajon./h) V_t = moottoritien liikennemäärä (ajon./h) V_r = erkanemisrampin ^c liikennemäärä (ajon./h) b) Ensimmäisen ajokaistan liik.määrä $V_1 = 173 + 0.295 V_t - 0.320 V_r$ V_1 = ensimmä. ajokaistan liik.määrä (ajon./h) V_t = moottoritien liik.määrä (ajon./h) V_r = erk.kaistan liik.määrä (ajon./h)	1151 3170 1290	314 847 571	1200-4500 300-2650	+0.285 +0.141	0.016 0.024	0.80 0.31	0.01 0.01	0.91	94	3	84
		694 3170 1290	201 847 571	1200-4500 300-2650	+0.295 -0.320	0.011 0.017	0.90 0.82	0.01 0.01	0.90	66		

^aVastaa luvussa 8 esitettyjä nomogrammeja, joissa on esitetty kohteen kaaviokuva, yhtälö, sen käyttöolosuhteet, rajoittavat tekijät sekä yhtälön ja nomogrammin käyttötap

^bKaikki muuttujat riippumattomia lukuunottamatta V_1 :tä, V_{1+A} :tä ja V_c :tä.

^cHaarautumassa "erkaneva" haara.

LIITE D

LIIKENTEEN KESKIMÄÄRÄINEN KAISTAJAKAUTUMA LIITTYMISRAMPEISTA YLÄVIRTAAN

Luvussa 8 esitettiin yksityiskohtaisia yhtälöitä ja nomogrammeja, jotka koskevat ensimmäisen ajokaistan liikennemääriä liittymisrampeista ylävirtaan palvelutasoilla A - C. Ennen kuin nämä yhtälöt ja nomogrammit oli kehitetty, jouduttiin käyttämään väliaikaisia liikenteen kaistajakautumaa koskevia käyriä (luvun 8 kirjallisuusviite 1), jotka osoittavat liikenteen keskimääräisen jakautuman liittymisrampista ylävirtaan erilaisissa geometrisissa olosuhteissa.

Nämä moottoriteiden liikenteen kaistajakautumaa koskevat kuvaajat on esitetty kuvissa D.1, D.2 ja D.3. Esitetyt kaistajakautumat vastaavat rampin kärjen kohdalla esiintyviä olosuhteita juuri ennen kuin liittyminen tapahtuu.

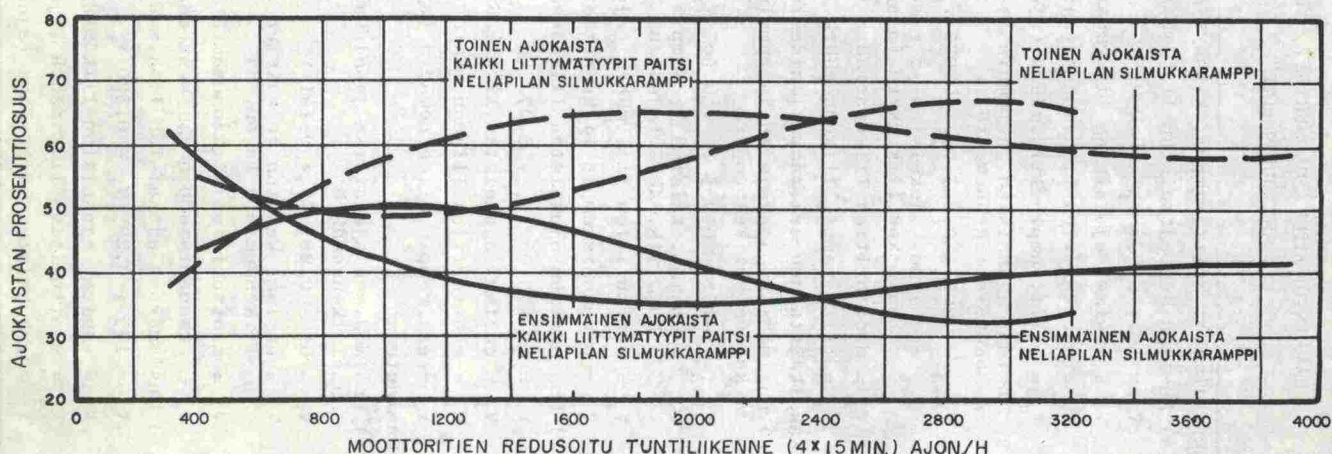
Kuvassa D.1 on esitetty nelikaistaisten moottoriteiden liikenteen jakautuma erikseen neliapilatyypin liittymän silmukkarampin yhteydessä ja muiden liittymisrampin yhteydessä. Tällainen ryhmittely johtuu siitä, että neliapilaliittymän toiminta poikkeaa muista, koska viereisten silmukoiden välisellä tieosalla tapahtuu sekoittumista. Neliapilaliittymässä käytetään ensimmäistä ajokaistaa enemmän kuin muissa liittymätyypeissä, jos moottoritien liikennemäärä on alle 2400 ajon./h. Ensimmäisen ajokaistan käyttö on siis voimakasta huolimatta siitä, että erkaneva ulkoramppi vähentää liikennettä ennen silmukkarampin liittymäkoh-

taa. Huomattava osa tästä ensimmäisen ajokaistan liikenteestä poistuu moottoritieltä seuraavaa erkanevaa silmukkaramppia pitkin. Liittymis- ja erkanemisrampin välimatka saattaa olla vain 120-210 m (400-700 ft.). Kun moottoritien liikennemäärä on suurempi kuin 2400 ajon./h, käytetään neliapilaliittymissä toista ajokaistaa enemmän kuin muissa liittymätyypeissä. Tämä johtuu ehkä siitä, että ajajat pyrkivät välttämään raskaasti kuormituissa neliapilaliittymissä ilmeneviä huomattavia liittymisestä ja sekoittumisesta johtuvia häiriöitä.

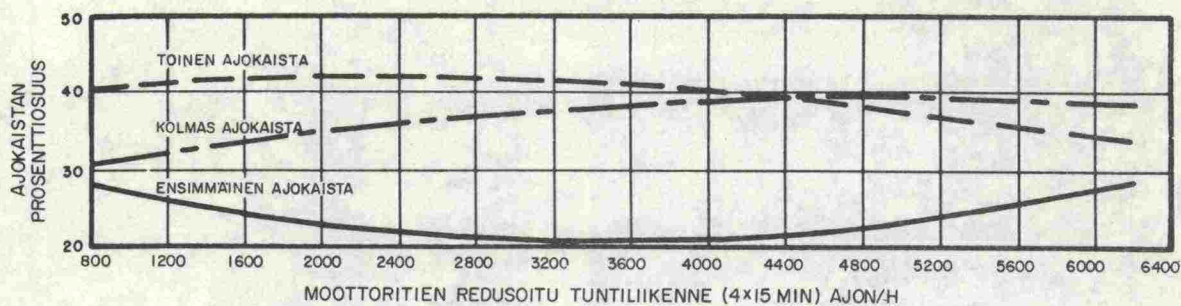
Kuva D.2 osoittaa kuusikaistaisten moottoriteiden liikenteen kaistajakautuman liittymisrampin yhteydessä tapauksissa, joissa liittymisrampia ja sitä seuraavaa erkanemisrampia yhdistävää lisäkaistaa ei ole rakennettu. Kuva vastaa kaikkia rampityyppejä lukuunottamatta neliapilaliittymän silmukkarampeja.

Erillistä, lisäkaistatapausta tai neliapilaliittymää vastaavaa kuvaajaa ei ole esitetty, koska liikenteen kaistajakautumaa koskevia yleisiä tietoja on vain vähän saatavissa tässä teoksessa esitettyjen tietojen lisäksi.

Kuvassa D.3 on esitetty likimääräiset kuvaajat kahdeksankaistaisten moottoriteiden liikenteen kaistajakautumasta kaikkien liittymisrampityyppien yhteydessä.

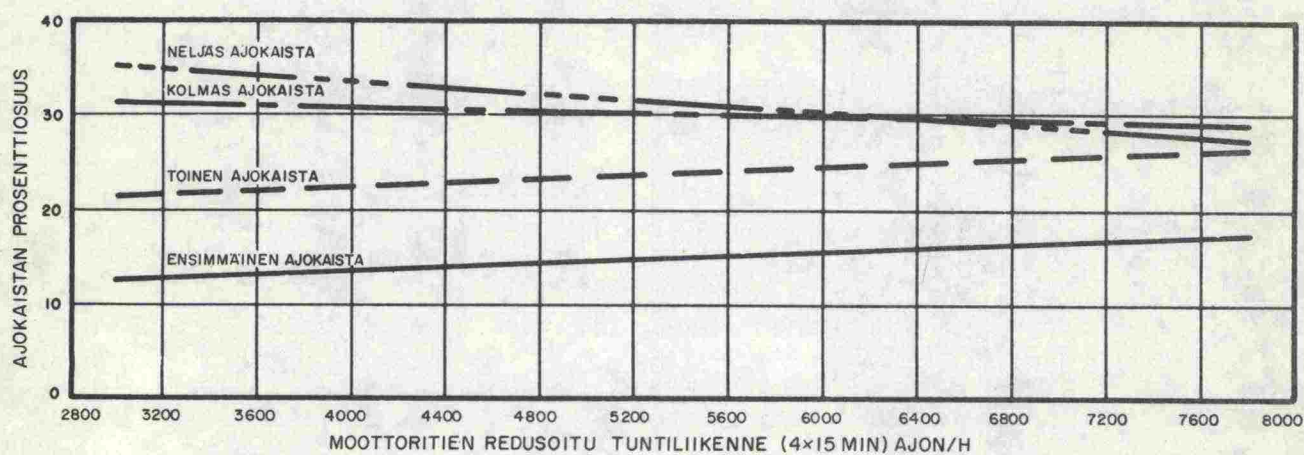


Kuva D.1
 Nelikaistaisten moottoriteiden liikenteen kaistajakautuma neliapilansilmukkarampista ja muista liittymisrampeista ylävirtaan.



Kuva D.2

Kuusikaistaisten moottoriteiden liikenteen kaistajakautuma kaikista liittymisrampeista ylävirtaan (rampin liittymiskohtaan ei ole rakennettu lisäkaistaa) lukuunottamatta neliapilan silmukkaramppeja.



Kuva D.3

Kahdeksankaistaisten moottoriteiden liikenteen kaistajakautuma liittymisrampeista ylävirtaan.